

مشكلات فلسفة العلم

الاتصال واللاتناهي بين العلم والفلسفة

دكتور

صلاح محمود عثمان محمد

الناشر: منشأة المعارف بالإسكندرية
جلال حزى وشركاه

اهداءات ٢٠٠٠

أ.د. حبيب الشاروني

أستاذ الفلسفة بكلية الآداب

لتنشر منشأة المعارف بالإسكندرية

جلال هزى وشركاه

٤٤ ش سعد زغول الإسكندرية تليفون/ فاكس: ٤٨٢٢٢٠٣

٣٢ ش مصطفى مشرفة - سوتير إسكندرية تليفون: ٤٨٤٣٦٦٢

مشكلات فلسفة العلم (١)

مشكلة الاتصال واللاتناهي بين العلم والفلسفة

تأليف دكتور

صلاح محمود عثمان محمد

١٩٩٨

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"مَنْ كَانَ يُرِيدُ الْعِزَّةَ فَلِلَّهِ الْعِزَّةُ جَمِيعًا إِلَيْهِ
يَصْعَدُ الْكَلِمُ الطَّيِّبُ وَالْعَمَلُ الصَّالِحُ يَرْفَعُهُ،

..."

صدق الله العظيم

{ سورة فاطر : آية ١٠ }.



إهداء

إلى اختي

.. في غربتها البعيدة .. أم تراها

.. غربتي؟ ..

كلا .. بل هي غربة الحب في زمن

الجفاء ..

لازلت أذكر عهداً ألا نفترق! .. لكن

الله

شاء .. أهديك ما كنت تأمليه .. ويبقى

عزائي

وعد ربي باللقاء ...

،


محتويات الكتاب

الصفحة	الموضوع
١	مقدمة البحث
١٢	الفصل الأول: تطور النظر في مبدأ الاتصال.....
١٣	تمهيد
١٥	أولاً - الاتصال واللاتنامي : تحليل فلولوجي.....
٢٦	ثانياً - الأصل التاريخي للمشكلة.....
٢٧	أ- فيثاغورث.....
٣٢	ب- بارمنيدس.....
٣٥	ج- زينون الإيلي.....
٤٥	ثالثاً - تطور مبدأ الاتصال في العلم: من أرسطو حتى العصر الحديث
٤٦	أ- أرسطو.....
٥٢	ب- جاليليو.....
٥٤	ج- ديكارت.....
٥٦	د- نيوتن.....
٦٢	هـ- لايبنتز.....
٦٦	و- ما بين نيوتن ولايبنتز.....
٦٩	ز- باركلي.....
٧١	ح- ما بعد باركلي.....
٧٤	تعقيب.....
٧٨	الفصل الثاني: الإتصال الرياضي: من الأبعاد الهندسية إلى الأعداد.

٧٩	تمهيد.....
٨٤	لولا- تطور الهندسة الحديثة.....
٨٤	أ- هندسة إقليدس.....
٨٨	ب- هندسات لا إقليدية.....
٩٧	ج- هندسات لا إقليدية.....
٩٨	ثانياً - تحصيل التحليل وتعميم العدد.....
٩٨	أ- لزعة الأسس من الهندسة إلى التحليل.....
١٠٢	ب- ترويض الأعداد الصماء والتخيلية.....
١١٥	ج- الأعداد للامتتاهية ونظرية المجموعات.....
١٣٠	ثالثاً - الرياضيات بين الحس والأكسيوماتيك والمنطق.....
١٣٠	أ- نقائص نظرية المجموعات.....
١٣٣	ب- الحلول المقترحة.....
١٤٤	ج- هل للرياضيات أساس وحيد؟.....
١٤٦	تقريب.....
١٥١	الفصل الثالث: الإتصال الذي يأتي بين النظر والتجريب
١٥٢	تمهيد.....
١٥٦	لولا- وجهة النظر الكلاسيكية.....
١٥٦	أ- الديناميكا الحرارية.....
١٦٨	ب- طبيعة الضوء.....
١٧٤	ج- المجال الكهرومغناطيسي.....
١٨٠	ثانياً - النسبية وإتصال الظواهر الفيزيائية.....
١٨١	أ- تجربة ميكلسون - مورلي.....

١٩١	ب- النسبية الخاصة.....
٢٠٢	ج- النسبية العامة.....
٢١٥	ثالثاً - الكم والاتصال في المجال دون الذري.....
٢١٩	أ- نظرية الكم.....
٢٢٧	ب- الميكانيكا الموجية.....
٢٣٢	ج- تفسير كوبنهاجن.....
٢٣٨	تعقيب.....
٢٤٢	الفصل الرابع: اتصال السبب
٢٤٣	تمهيد.....
٢٤٥	أولاً- العلاقة السببية بين الإمكان والضرورة.....
٢٤٥	أ- تحليل أرسطو للسببية.....
٢٥٠	ب- السببية في العصر الحديث.....
٢٥١	١- فرنسيس بيكون.....
٢٥٢	٢- جون لوك.....
٢٥٥	٣- ديفيد هيوم.....
٢٦٢	٤- كانت.....
٢٦٥	ج- السببية في القرن العشرين : بروتاندرميل.....
٢٧٢	ثانياً - القانون السببي والقانون الإحصائي.....
٢٧٣	أ- نمط العلاقة السببية.....
٢٧٧	ب- تصور القانون وتطبيق القانون.....
٢٧٩	ثالثاً - الاتصال السببي وقوانين الكم.....
٢٨٧	تعقيب.....

٢٩٠	الفصل الخامس : الاتصال الرياضي والخبرة
٢٩١	تمهيد
٢٩٢	أولاً - وجود الكائنات الرياضية المجردة
٣٠٢	ثانياً - بنية الكشف الرياضي
٣٠٣	أ - النزعة التجريبية
٣١٢	ب - النزعة العقلانية
٣٢١	ج - كائط ونزعه النقدية
٣٢٤	د - المعرفة الحسية المباشرة : نفسياً وفسيولوجياً
٣٢٩	ثالثاً - تطابق المتصلين الرياضي والحسي
٣٤٣	تعقيب
٣٤٥	الخاتمة ونتاج البحث
٣٥٤	مستلزمات البحث
٣٧٨	مراجع البحث
٣٧٩	أولاً - المراجع باللغة العربية (مؤلفة ومترجمة)
٣٩١	ثانياً - المعاجم العربية
٣٩٣	ثالثاً - المراجع باللغة الأجنبية
٣٩٨	رابعاً - المعاجم الأجنبية

"مقدمة"

الزمن والمكان .. المادة والحركة .. الجوهر والعرض .. الجزء والكل .. السببية والغائية .. الوجود والمعرفة ... ، كلمات غائرة في أذهاننا، ومشكلات تتنازع أفكارنا: ترسم خريطة متشابهة لتاريخ العلم والفلسفة، وتشغل إيمان الكم والنسبية وما بعدها بقدر ما شغلت إيمان المراحل الأولى من التفكير - وما من حل نهائي، ولا إجابات قاطعة لتساولات ما فتئت تورقنا، وباختصار: فليس هناك حدٌ معقول أو مقبول لألفاظ ومصطلحات ما برحت ترددها ألسنتنا !. حقاً لقد حملتنا إنجازات العلوم فوق سفينة الحلم القديم - أم تراه الوهم - بإستجلاء الحقيقة، وإستكشاف المعاني الثابتة، بل لقد وضعنا على مشارف قرن جديد، تمنينا أضواءه الخافتة بتراجع القلق الميتافيزيقي المتوارث عن أسلافنا، وبإحكام السيطرة في عالم تقلت أبعاده دائماً من بين أصابعنا. ولكن، هل بلغنا غايتنا؟! أفلا تزال كلمة "الحقيقة" أضخم من أصواتنا؟ بل أفلا تزال مشكلاتنا الميتافيزيقية تتقدمنا نحو القرن الجديد، وإن إرتدت ثوباً قسبياً حاكه رواد العلم الحديث والمعاصر؟.

بهذا التساؤل، ومن داخل حومة المذاهب الفلسفية المتناحرة، تثبت فكرة هذا البحث. إذ كان من الطبيعي في خضم هذا الواقع أن نسعى إلى تلمس خيط علمي خفي، يفصل بين تلك المذاهب، ويربط بين قضاياها الأساسية، فإذا بمعالم هذا الخيط تتراءى لنا في نظرية رياضية، خرجت من بطن الفلسفة، ثم تولتها الفيزياء بالرعاية، دون أن تقطع الصلة بأصولها الرياضية والفلسفية، أعنى نظرية الاتصال واللاتناهي..

لقد أغرتنا معالم هذا الخيط بإستكشاف أبعاده الإشكالية، فوجدنا أنها تعلن عن نفسها من خلال أكثر من مسألة رئيسة من مسائل العلم والفلسفة، وهو ما يتضح من خلال النقاط التالية:

١- ترتبط نظرية الاتصال واللاتناهي بدراستنا لمشكلات الزمان والمكان والحركة والمادة، في مساراتها المختلفة، بل وتعد أساساً ومرجعاً لها، إذ تبدأ هذه المشكلات - أو من المفترض أن تبدأ - بتساؤلات أولية عن سريان الزمان وأبعاد المكان، ومكونات الحركة والمادة، وهل تنقسم هذه المتصلات - إذا كان هناك ثمة إتصال - إلى مالا نهاية، أم تتوقف قسمتها عند آتات ونقاط وحركات وعناصر لامنقسمة. هذا من جهة، ومن جهة أخرى تلقى هذه التساؤلات بظلالها على مشكلة خلق العالم أو قدمه، فثاته أو خلوده، تلك التي تعكس أفكاراً ومواقف علمية وفلسفية عن إتجاه المتصل الزماني: بدايته أو نهايته، خطيته أو دائريته، هذا فضلاً عن إمتداد المتصل المكاني، وكمية الحركة والمادة في الكون.

٢- تمثل نظرية الاتصال واللاتناهي بُعداً هاماً وأساسياً لمشكلة السببية، فلا يخلو مذهب فيلسوف أو نظرية عالم من إتخاذ موقف محدد بشأن إتصال الظواهر أو إنفصالها، ومن ثم القول بالسببية أو رفضها. نجد ذلك مثلاً عند دعاة النزعة التجريبية، الذين نظروا إلى العالم بمنظار الحواس، فشككوا في الضرورة العقلية للسببية. ونجده أيضاً عند دعاة النزعة العقلانية، الذين قالوا بالاتصال تحقيقاً لمطالب العقل، فاستتبعت ذلك قولهم بمنطقية الضرورة السببية وعقلانياتها. ونجده ثالثاً عند "كانط" و "رسل" اللذين جعلوا من مبدأ الاتصال مصادرة أساسية للبحث العلمي، يستند إليها القول بالسببية والحتمية.

ولا يغيب عن أذهاننا أن هذه المواقف، إنما هي في حقيقتها انعكاس
لنظريات كبرى في الفيزياء، كنظرية "تيوتن" في الحركة والجاذبية،
ونظرية: "ماكسويل" في المجال، وأخيراً نظريتي النسبية والكم،
اللذين مثلتا قمة الصراع العلمي بين القائلين بالاتصال والقائلين
بالانفصال. مما يجعل من مبدأ الاتصال مدخلاً قوياً للدراسات الفيزيائية
بجوانبها الفلسفية المختلفة.

٣- تلعب نظرية الاتصال واللاتناهي دوراً محورياً في الأزمات الرياضية،
التي بدأت باكتشاف الفيشاغوريين للأعداد الصماء أو اللانقطعة،
وإخضاعهم الحساب للهندسة. ثم بلغت ذروتها في القرن التاسع عشر
حين تخلت الهندسة عن الأسس المكانية للقضاياها، لصالح الإتساق
المنطقي بين تلك القضايا، مما كان إيذاناً بتحول علم التحليل عن الحدس
المكاني للاتصال والعودة إلى نظرية الأعداد الصحيحة كمطلق واضح
ويقيني لتعريف متسلسلات الأعداد المختلفة، وعلى رأسها متسلسلة
الأعداد الحقيقية التي تُعد أعلى رتبة من رتبة الاتصال. مما يدفعنا إلى
القول بأن تاريخ الهندسة والتحليل، ماهو في جوهره إلا تاريخ لمبدأ
الاتصال بمراحله التطورية المختلفة.

٤- ترتبط نظرية الاتصال واللاتناهي بواحدة من أهم وأصعب مشكلات
الفلسفة، ألا وهي مشكلة الكليات والجزئيات. فالاتصال كبناء رياضي
خالص وصادق وكلي، يستلزم البحث في وجود الكائنات المجردة،
وعلاقتها بالجزئيات المتكثرة في عالم الخبرة، مما يؤثر عدداً من القضايا
الفلسفية المرتبطة بمشكلات الظاهر والحقيقة، والإدراك الحسي،

والتركيب العقلي للعالم، فضلاً عن الجانب اللغوي المعنى بتحليل الحدود العامة والجزئية وفحص دلالاتها الوجودية.

والحق أننا بتعدادنا لتلك المشكلات المرتبطة بنظرية الاتصال واللاتناهي، لا نزع تقديم حلول لها، أو إجابات حاسمة لما تتطوى عليه من تساؤلات، وإنما يكفينا فقط أن نتلمس بداية الطريق، وأن نوجه الأنظار إلى تلك الأرضية المشتركة للبحث العلمي والفلسفي، في وقت نسعى فيه إلى ربط محاور العملية المعرفية، ودمج الرصيد المعرفي للتخصصات المختلفة في بوتقة واحدة، تحمل اسم المعرفة الإنسانية. ومن هذا المنطلق، يهدف هذا الكتاب إلى التحقق من فرض رئيسي، يتلخص في القول بوجود أساس عام ومشارك للبحوث الفلسفية والفيزيائية والرياضية، تعبر عنه نظرية الاتصال واللاتناهي بأبعادها المختلفة، ونستطيع من خلاله تعقب جوانب كثرة من المشكلات، دون أن نفقد الخيط الرابط فيما بينها. لاشك أن النتائج في الفلسفة قد تختلف عنها في الفيزياء عنها في الرياضيات، ولكنها جميعاً تمثل فيما نزع من مثلاً رياضياً متجانس الأضلاع، يفقد دلالاته إذا ما بُتر ضلع من أضلاعه. فإذا كان العلم هو رؤية للأشياء الجديدة، فالفلسفة هي رؤية جديدة للأشياء.

يرتبط بهذا الفرض الرئيسي عدة فروض لا تقل أهمية، يمكن أن نصوغها فيما يلي من تساؤلات:

أ- بأي معنى نفهم الاتصال واللاتناهي : هل بالمعنى الرياضي القائل بأن : 'المتصل' ليس شيئاً آخر سوى مجموعة من العناصر مرتبة بترتيب معين ، أم بالمعنى الفلسفي الميتافيزيقي القائل بأن المتصل يُمثل كلاً واحداً لا يقبل القسمة؟. وبعبارة أخرى، هل يتألف المتصل، سواء أكان

زماً أو مكاناً أو مادة، من عدد لامتناه من العناصر - المنقسمة أو اللامنقسمة، أم أن هذه العناصر ما هي إلا تشريحات يقوم بها العقل بغرض الفهم والإستخدام العلى؟.

ب- إذا كان "المتصل" يتألف من عدد لامتناه من العناصر، فهل نجح علماء الرياضيات فى تجاوز متناقضات الأعداد اللامتناهية التى أثبتت بها "زينون" بطلان الكثرة والحركة، مستخدماً حججاً منطقية لا تقبل الدحض التجريبي.

ج- هل نجح علماء المنطق فى رد المتصل العددي، ومن وراءه الرياضيات بأكملها إلى أساس واضح ويقتنى هو المنطق، أم أن للحدس والأكسيوماتيك دور لا يمكن إغفاله فى بناء الصديق الرياضى؟.

د- هل إستطاع علماء الفيزياء تقديم إجابة شافية عن السؤال الفلسفى القديم الخاص باتصال الطبيعة، بحيث يمكن أن نقول مع "آينشتين" أن الكون متصل "رباعى الأبعاد لا مكان فيه للفجوات أو القفزات ، حتى على المستوى الذرى ، أم أن ثنائية "الاتصال والانفصال" مازالت تطل برأسها من داخل الذرة؟.

هـ- هل تتطوى العلاقة السببية على ترابط علقى ومنطقى وضرورى بين الأسباب ونتائجها، بحيث يعنى ظهور النتيجة حتمية مرور التأثيرات السببية عبر سلسلة من الحوادث المتصلة زمكانياً؟. وهل يعنى ذلك بطلان القول بالسببية إذا ما ثبت غياب الاتصال بين حوادث الطبيعة؟.

و- إذا كان الاتصال تصوراً رياضياً مجرداً ، تغلفه مساحة ميتافيزيقية، فكيف نوفق بينه وبين المتصلات الجزئية فى عالم الخبرة؟. وهل يعنى ذلك

تغلغل التصورات الميتافيزيقية فى قلب العلم، بعكس ما يزعم دعاة النزعة التجريبية بكافة أشكالها؟.

وقد إنتهجنا فى التحقق من الفرض الرئيسى، وفى الإجابة على ما أثارناه من تساؤلات، منهجاً تحليلياً مقارناً بالدرجة الأولى، تاريخياً فى بعض الجوانب، نقدياً فى جوانب أخرى.

أما المنهج التحليلى المقارن فقد فرضته طبيعة البحث، الذى يستلزم تحليل مفهوى الاتصال واللاتناهى، ومايرتبط بهما من مشكلات، فلسفياً وفيزيائياً ورياضياً، والمقارنة بين تصور كل فرع من هذه الفروع لهذه المشكلات، وبيان جوانب الإلتفاق والإختلاف فيما بينهما.

وأما المنهج التاريخى فمن الضرورى إستخدامه فى رد فكرتى الإتصال واللاتناهى إلى جذورهما الفلسفية الأولى فى الفكر اليونانى، وتوضيح ما آلا إليه فى العلم الحديث والمعاصر، هذا بالإضافة إلى تتبع الأفكار الرئيسة فى هذا البحث، والمرتبطة بمشكلات الوجود والمعرفة، عبر تسلسلها التاريخى منذ القدم وحتى عالمنا المعاصر.

وأما المنهج النقدى فقد إعتدنا عليه فى مواضع متفرقة لتقويم رأى أو آخر من الآراء، وبيان مدى إتساق هذا الرأى أو ذاك مع التناول المقابل له، سواء فى الفلسفة أو فى الفيزياء أو فى الرياضيات، وذلك سعياً للوصول إلى تصور عام يربط بين دروب المعرفة المختلفة.

من جهة أخرى، وضمناً لتسلسل الأفكار وترابطها، فقد إتبعنا فى العرض طريقة الفقرات العددية، بحيث تُعبر كل فقرة عن فكرة، أو عن جزء منها، مما ييسر عملية الإشارة إلى الأفكار والعودة إليها كلما دعت الضرورة.

وبشكل عام ينقسم هذا البحث إلى مقدمة وخاتمة وبينهما خمسة فصول،
رتبناها على الوجه التالي:-

الفصل الأول: وجاء بعنوان 'تطور الفكر في مبدأ الاتصال'.

ونبدأ هذا الفصل بتحليل فيلولوجي لمصطلحي الاتصال والالتئام في اللغتين العربية والإنجليزية. حيث تدفعنا جودة الموضوع ودقته إلى بيان المعنى الدقيق لمصطلحاته، لاسيما وأن كلمة الاتصال ترتبط في أذهاننا بأكثر من معنى، لعل أشهرها ما يعرف بالاتصال الثقافي أو الإعلامي Communication المعبر عن تبادل المعلومات والآراء والأفكار والتجارب بين أعضاء المجتمع، وذلك بخلاف المعنى الرياضي الذي نرمى إليه في هذا الكتاب، والذي يُعبر عنه المصطلح في لغته الأجنبية. ثم أردفنا هذا التحليل بعرض تاريخي، حاولنا من خلاله تأصيل المشكلة والعودة بها إلى بداياتها الفلسفية الأولى في الفكر اليوناني، خصوصاً عند 'زينون الإيلي' الذي كانت حُججه القوية ضد الحركة والكثرة باعثاً لتناول المشكلة والإهتمام بها من قبل الفلاسفة وعلماء الرياضيات والفيزياء. ثم تتبعنا في جزء ثالث وأخير مراحل التطور المختلفة لمبدأ الاتصال عبر مسيرة العلم، بدايةً من 'أرسطو'، الذي كان أول من وضع تعريفاً علمياً للاتصال والالتئام، ومروراً بـ "جاليليو" و "نيكارت" و "تيتن" و "لينتز"، ووصولاً إلى 'باركلي'. وسوف نلاحظ من خلال هذا الجزء عمق العلاقة الجدلية والتأثيرات المتبادلة بين العلم والفلسفة، مما كان له أبلغ الأثر في الانتقال بالرياضيات والفيزياء من العصر الكلاسيكي للعلم إلى عصر النسبية والكم.

الفصل الثامن: وعنوانه ٢ الاتصال الرياضي: من الأبعاد الهندسية إلى الأعداد".

وفيه نعرض لأزمة الرياضيات الكبرى التى ألمت بها خلال القرن التاسع عشر، والتى بلغت ذروتها بظهور الهندسات اللاإقليدية من جهة، ونظرية "كانتور" فى المجموعات من جهة أخرى. وذلك من خلال ثلاثة أجزاء فرعية قسمنا إليها هذا الفصل. نتاولنا فى الجزء الأول منها حركة النقد الذاتى فى الهندسة، التى بدأت بمحاولات فاشلة للبرهنة على صحة المسلمة الخامسة فى النسق الهندسى الإقليدى، مما أدى إلى تغيير جذرى فى مفهوم الصديق الرياضى، ليعنى فقط عدم التناقض بين قضايا الأنساق الصورية بدلاً من مطابقة القضايا للواقع أو للمكان الخارجى، ومن ثم ظهور عدد لاهصر له من الأنساق الهندسية الصحيحة صورياً. أما الجزء الثانى فقد عرضنا من خلاله لمردود هذه التطورات على ميدان التحليل، وأوضحنا كيف تخلى التحليليون بدورهم عن الأسس الهندسية لقضايا علمهم، متخذين من الأعداد الصحيحة منطلقاً وحيداً لتعريف الأعداد الصماء والتخييلية، فضلاً عن مجموعات الأعداد اللامتناهية، وهو ما أثمر فى النهاية وضع تعريف دقيق للاتصال، يتجاوز متناقضات اللانهاى. وهذه الأخيرة تقودنا إلى الجزء الثالث من هذا الفصل، حيث نلمس من خلاله إتقسام مسرح البحث فى أسس الرياضيات بين نزعات ثلاث، لكل منها تصوّره الخاص والمختلف لعلل أزمة الأسس، وهى النزعة الحدسية، والنزعة المنطقية، والنزعة الأكسيوماتيكية.

الفصل الثالث: ويأتى بعنوان "الاتصال الفيزيائي بين النظر والتجريب".

ونبحث فيه مع علماء الفيزياء عن مدى تحقق الاتصال بين ظواهر الطبيعة، بمستوياتها الثلاثة: الأرضى والكونى والذرى. وقد بدأنا هذا الفصل بعرض لوجهة النظر الكلاسيكية فى مجالات الحرارة والضوء والكهرباء. ثم إنتقلنا فى جزء تالٍ إلى نظرية "آينشتين" فى النسبية، بشقيها الخاص والعام. وحاولنا قدر الإمكان تقديم تفسير مبسط لهذه النظرية، يكشف عن أبعادها العلمية والفلسفية، ولايُخل فى الوقت ذاته بينيتها الرياضية. وإلى هنا يبدو القول بالاتصال وكأنه مسلمة أساسية لكافة بحوث الفيزياء، لكن الرياح قد تأتى بما لا تشتهى السفن، وهو مايتضح من خلال الجزء الثالث من هذا الفصل، حيث أدى إكتشاف "ماكس بلانك" لكمّ الفعل الإشعاعى، وتأكيد "بهر" و "مايزنبرج" على وجود القفزات الكمائية داخل الذرة، إلى مواجهة علمية بين القائلين بالاتصال والقائلين بالانفصال، مما كان فى نظرنا مدعاة لتدخل الفلسفة، التى لجأ إليها العلماء أنفسهم لدعم إقتراضاتهم النظرية.

الفصل الرابع: وهو بعنوان "إتصال التسبيب".

وقد خصصنا هذا الفصل لبحث مشكلة السببية وعلاقتها بمقولة الاتصال، إنطلاقاً من فرض بعينه، نزع من خلاله ضرورة القول باتصال الحوادث فى الطبيعة إذا ما أردنا القول بقيام العلاقة السببية بين تلك الحوادث. وقد عرضنا فى الجزء الأول من هذا الفصل لنماذج مختلفة من تفسيرات الفلاسفة للعلاقة السببية، وهى نماذج تكشف عن الخلاف الإستمولوجى القديم بين دعاة النزعتين العقلانية والتجريبية، وتبرز ضرورة التمييز -ثم الربط- بين الجانبين النظرى والتجريبى للمعرفة العلمية، أو بين

تصور القانون وتطبيق القانون، ولذا نعلم في الجزء الثاني إلى تعداد أنماط العلاقة السببية، التي تجمع كما سنرى بين نوعي القانون العلمي : السببي والإحصائي، وتجعل منهما وجهان لعملة واحدة : وجه عقلي يستلزم القول بالاتصال ، ووجه تجريبي يستلزم تطوير آلات القياس بما يسمح بالكشف عن تحقق الاتصال. ثم يأتي الجزء الثالث لنناقش من خلاله تشكيك "بوهر" و "هايزنبرج" في العلاقة السببية ومبدأ الاتصال، ونوضح في هذا الصدد كيف أن تفسير كوبنهاجن ليس هو التفسير الوحيد - وإن كان الأشهر - لنظرية الكم، أو لعلاقة الذات بالموضوع في العملية المعرفية ، لاسيما في المجال دون الذري.

الفصل الخامس: وعنوانه "الاتصال الرياضي والخبرة"

ونفرد صفحات هذا الفصل لمشكلة الكليات والجزئيات، ببعديها الوجودي والمعرفي وبالقدر الذي يخدم قولنا بتحقيق الاتصال في الطبيعة، حتى وإن قادتنا الحواس إلى نظرة جزئية مخالفة. وقد قسمنا هذا الفصل بدوره إلى ثلاثة أجزاء. تحدثنا في الجزء الأول عن النزعات الثلاث التي إهتمت بالبُعد الأنطولوجي لمشكلة الكليات، وهي "الواقعية" و"التصورية" و "الإسمية"، مع تركيز مقصود على النزعة الواقعية التي تميل إلى الأخذ بها، والقاتلة بوجود عالم مفارق للكائنات الرياضية المجردة. أما الجزء الثاني من هذا الفصل فقد استعرضنا من خلاله دروب المعرفة المختلفة: الحسية، والعقلية المنطقية، والعقلية الحدسية، مع تحليل نقدي يستند إلى واقع الكشوف العلمية، بالإضافة إلى نتائج البحوث المعاصرة في الفسيولوجيا وعلم النفس. ونلمس في هذا الجزء أهمية المعرفة الحدسية ودعائمها الحسية والمنطقية في بناء الكشف

العلمي. أما الجزء الثالث والأخير من هذا الفصل، فنعرض خلاله لعلاقة التطابق بين المتصل الرياضي كتصور كلى مجرد، يقطن عالماً خاصاً ومفارقاً، وبين المتصلات الفيزيائية الجزئية في عالم الخبرة، وكيف أن هذا التطابق يستلزم القول بوجود قوة إلهية تقف وراءه، وتتيح للإنسان إستكشافه عبر مراحل تطوره الحضارى.

وتأتى بعد ذلك خاتمة الكتاب لتضمنها بعض النتائج العامة بالإضافة إلى ما تضمنه البحث من إستنتاجات.

وقد ذيلنا الكتاب بقائمة تحوى أهم المصطلحات الفلسفية والعلمية التى إستخدامناها تعقبها قائمة بالمراجع العربية والأجنبية التى إعتمدنا عليها. ولا يفوتنى هنا أن أذكر بالتقدير والعرفان صحبة الاحباب التى لازمتنى بالدعاء وأحاطتنى بمشاعر الحب الصادقة : أمى، وزوجتى، وأبنائى **لدا و نهى ومحمد ، واخوى محمد وسهرى محمود عثمان .**

أما أستاذى الدكتور / **محمد محمد قاسم ،** فله منى كل الشكر والاخلاص والتقدير على ما غمرنى - ويغمرنى - به من علم ومن مشاعر الود والمحبة منذ أن تعرفت عليه فى بداية الثمانينات وإلى ماشاء الله ...
جزى الله الجميع عنى كل خير، وعليه سبحانه قصد السبيل &.

صلاح عثمان

الإسكندرية فى

١٩٩٨/٩/١

الفصل الأول

تطور النظر في مبدأ الاتصال

تمهيد:

١- لعل أول ما يتبادر إلى الذهن حين نقرأ عنوان هذا البحث، أن نتساءل عن معنى مصطلحي "الاتصال" و "اللاتناهي"، ولم يرتبطان معا ليمثلا مشكلة واحدة؟. وإذا كان من الممكن الآن طرح المشكلة على بساط البحث الفلسفي، نظراً للطابع الذاتي والمذهبي للفلسفة، فهل لم يقل العلم فيها بعد كلمته الأخيرة؟.

وثمة تساؤلات أخرى تأتي لاحقة، نستفسر من خلالها عن نوع المشكلة، وتاريخها، وأبعادها العلمية والفلسفية.

ولا شك أن الإجابة عن هذه التساؤلات، على نحو مُرضٍ، تستغرق البحث بأكمله. ولكننا معنيون في البداية بأن نضع بعض الأسس أو المبادئ، ننطلق منها ونسير عليها خلال البحث. وليست هذه الأسس كيديهيات "إقليدس" Euclid نصادر عليها دون برهان، كما أنها ليست كمقولات "كانط" Kant (١٧٢٤-١٨٠٤) الأولية القبلية، وإنما هي بمثابة تعريف بالمشكلة، وتمييز لها عن كثير من المشكلات المرتبطة ذهنياً بكلمة "الاتصال". فحينما يتعلق الأمر بهذه الكلمة، يكون من الضروري - كما يشير "رسل" (١) Russell (١٨٧٢-١٩٧٠) أن نُحدد بدقة ما نعنيه بها.

والحق أن إشارة "رسل" تلك لاتباع من فراغ، قلو أننا رجعنا إلى معاجم العلوم المختلفة، لوجدنا أكثر من معنى لكلمة الاتصال، بحيث قد يكون من المستحيل أن نقبل تعريفاً واحداً باعتباره تعريفاً عاماً يصدق على سائر صور الاتصال. فهناك مثلاً: الاتصال الروحي في التصوف، والاتصال الموسيقي

(١) برتراند رسل: أصول الرياضيات (ترجمة د. محمد مرسى أحمد و د. أحمد فؤاد الأهواني، ج٣، ط٢، دار المعارف بمصر، القاهرة، ١٩٦٥) ص ٢٠٩.

فى الفن، والاتصال الثقافى والإعلامى فى علم الاجتماع، هذا فضلاً عن حديثنا اليومى عما يُسمى بثورة "الإتصالات" التكنولوجية بين شعوب العالم ودوله. ولا يقف الأمر عند هذا الحد، بل إن معنى "الاتصال" قد يختلف داخل مجال التخصص الواحد. ففى الرياضيات، يميز الرياضيون بين رتب degrees مختلفة للاتصال^(١). وهو تمييز يعتمد على التطور المتلاحق لنظريات الاتصال الرياضية منذ أرسطو Aristotle (٣٨٤-٣٢٢ ق.م).^{*} وحتى إكتشاف "جورج كانتور" G. Cantor (١٨٤٥-١٩١٦) لنظرية المجموعات Set Theory. وفى مجال الفلسفة، يختلف معنى الاتصال عند "كانط" مثلاً عن معناه عند "برجسون" Bergson (١٨٥٩-١٩٤١). وما يعنيه عند "صمويل ألكسندر" S. Alexander (١٨٥٩-١٩٣٨) يختلف تماماً عما يعنيه عند "كارل ياسبرز" K. Jaspers (١٨٨٣-١٩٦٩).^{*}

(2) Russell, B. : Our Knowledge of the external world, Routledge Inc, London and N.Y, 1993, p. 133.

* التواريخ التى نذكرها بشأن فلاسفة اليونان القدامى هى تواريخ تقريبية، حيث لم يحصل المؤرخون بعددها إلى حد التوحيد المرجو.

* هذه مجرد أمثلة لعدد معانى الاتصال فى الفلسفات المختلفة، وسوف نمود إليها بشئ من التفصيل فى مواضع منفردة من هذا البحث، نستثنى من ذلك ما كان بعيداً تماماً عن مجال بحثنا، كمعناه مثلاً عند "ماكس شيلر" M. Scheler (١٨٧٤-١٩٢٨) مُمشلاً للفلسفة الفينومينولوجية، أو عند "موريس موليروتى" Merleau - Ponty (١٩٠٨-١٩٦١) و"كارل ياسبرز" ممثلين للفلسفة الوجودية. فهؤلاء جميعاً يناقشون مايسمى بمشكلة "الاتصال بين اللوات" أو مشكلة "الآخر"، وهى مشكلة وجودية صممية، يعبر عنها "ياسبرز" فيقول: "نحن لا نتفلسف ابتداءً من الفكرة بل ابتداءً من التواصل: إن نقطة إنطلاقنا، سواء فى حال الفكر، أو فى حال السلوك، هى أننا إنسان بإزاء إنسان، وفرد بإزاء فرد".=

ولمنا نريد هنا أن نستقري كل هذه المعاني، فهذا مالا يمكن أن يحتمله بحث واحد، فضلاً عن أنه يحيد بنا عن أعراض هذا البحث. ولكن حسبنا أن نعمل على تحديد ما نعنيه بالاتصال داخل إطار بحثنا، أو بعبارة أدق: فى حدود علاقته باللائهاى.

ولما كانت كلمة الاتصال تثير كثيراً من الإشكالات بين مستخدميها، خصوصاً من الفلاسفة، فسوف يكون من المفيد أن نعرض أولاً للمشكلة فى بعدها اللغوى، حتى نقف على ما يمكن أن نسميه "إتصالاً" ومالا يمكن أن يكون كذلك.

أولاً: الإتصال واللائهاى: تحليل فيلولوجى.

٢- نبدأ هذا التحليل بمصطلح "اللائهاى" الذى يُعد واحداً من أهم الإصطلاحات فى تاريخ العلم والفلسفة. والذى يتسم - رغم تنوع إستخداماته الفلسفية^{٢٢} - بثبات سيما نطيقى يشمل مختلف اللغات تقريباً . فى الإنجليزية،

= راجع : أ.م . بوشسكى : الفلسفة المعاصرة فى أوروبا (ترجمة د. عزت قرنى ، سلسلة عالم المعرفة ، الكويت ، ١٩٩٢ ، العدد ١٦٥) ص ٣١٢ . وأنظر أيضاً عرض الدكتور زكريا إبراهيم هذه الفلسفات فى كتابه : دراسات فى الفلسفة المعاصرة (مكتبة مصر ، القاهرة ، ١٩٦٨).

^{٢٢} يختلف المبدول اللفظى للمصطلح فى كثير من الأحيان عن المعنى الذى يرمى إليه الفلاسفة باستخدامهم له . فعلى سبيل المثال ، يستخدم "ديكارت" مصطلح "اللائهاى" للدلالة على الخالق عز وجل ، أما اللاتماهى الديوى ، أى مالمس له نهاية ، فيعبر عنه بمصطلح "اللاحدود" *indefini* ، ولذا يشير "ديكارت" فى التأملات الثالثة إلى أنه لا يستخدم كلمة "لائهاى" سلباً لكلمة "متناه" ، قياساً على إستخدامه لكلمة "السكون" كلفى لكلمة الحركة ، لأنه يوجد فى الجوهر اللاتماهى من الحقيقة أكثر مما يوجد فى الجوهر المتماهى ، ولأن فكرة اللاتماهى عنده سابقة لفكرة المتماهى ، إذ كيف يعرف (أى ديكارت) أنه غير كامل مالم يكن قد فكر من قبل فى ذات أكمل من ذاته ، عرف بمقارنتها عيوب طبيعة ؟ =

يكفى أن نميز بين " اللانتهائى " بمعنى إستحالة إدراك النهاية لما لانهاية له endless سواء أكان زمناً أو مكاناً أو أى كيان ممتد، وبين "اللانتهائى" بمعنى ما لا يمكن أن تكون له نهاية^(٣). وهنا نُسرع بالتمييز بين " اللانتهائى " وبين حدين آخرين مقاربين ، وهما : " اللامحدود" indefinite و "اللامتناهى" indetrminate فاللامحدود هو "مالم يُحدد بالفعل، وإن كانت له حدود ممكنة"^(٤) . أما اللامتناهى فهو " ما يقبل أنحاء مختلفه ، ويصعب تحديد واحد منها ، فالعدد اللامتناهى مثلاً هو ما عُرف على أنه عدد ، ولكن لم يُعرف بالضبط أى عدد هو"^(٥) .

أيضاً لاختلاف فى العربية حول مصطلح "اللانتهائى"، فهو لفظ عربى أصيل، مشتق من الفعل الثلاثى "تهى". وقد ورد فى الذكر الحكيم : ﴿كَاوَا لَاتَبَاوُنَ عَنْ مُتَكَرِّفَتِهِمْ...﴾ (المائدة ٧٩). والنهاية والنهاية فى اللغة هى غاية كل

= أنظر: ديكارت : مقال عن المنهج (ترجمة محمود محمد الحضرى ، مراجعة وتقديم د. محمد مصطفى حلمى، ط ٣ ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة ، ١٩٨٥) حاشية بقلم المرجع ، ص ٢٢٢.

(3) Runes (ed) : Dictionary of philosophy , AHelix book , Published by rowman & Allanheld publihers , Totowa , N.J ,1984, item "infinity", p 162.

(٤) مجمع اللغة العربية : المعجم الفلسفى (تصدير د. ابراهيم بيومى مذكور ، الهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية ، القاهرة ، ١٩٨٣) مادة " لالمحدود " ، ص ١٦٠ .

(٥) نفس المرجع ، مادة " لامتناهى " ، ص ١٥٩ .

شيء وآخره، وذلك لأن آخره ينهاء عن التمداد فيرتدع^(١). ومن ثم فاللامتناهى سلبٌ للمتناهي، أى أنه ما لا آخر له ولا رادع لإمتداده.

٣- ولكن ما وجه الصلة بين "اللاتناهي" و "الاتصال"؟ الحق أنه حيثما عُنِيَ بمفهوم الاتصال، فلا بد وأن يُعنى أيضاً بمفهوم "اللاتناهي". وعلى الرغم من أن العلاقة الوثيقة بينهما تعود إلى بدايات التفكير^٢، إلا أننا نورد لها علمياً بداية من منتصف القرن الخامس قبل الميلاد. وعلى التحديد منذ أن وضع "زينون الإيلي" Zeno of Elea (٤٩٠-٤٣٠ ق.م) حججه الشهيرة تأييداً لأستاذه "بارمنيدس" Parmenides (٥٤٠-؟ ق.م) فى إبطال القول بالكثرة والحركة. فمنذ ذلك الحين أصبحت مشكلة اللاتناهي جزءاً لا يتجزأ من مشكلة الاتصال، يؤكد ذلك تساؤلنا المبدئى عند تحليلنا لأى "متصل"

(٦) ابن منظور : لسان العرب (دار الكتاب المصرى بدار المعارف ، المجلد السادس ، بدون تاريخ) مادة "نهی" ، ص ٤٥-٦٥.

" يعود الزايط بين مفهومي "الاتصال" و "اللاتناهي" إلى الفيلسوف اليونانى أناكسيمندريس Anaximander (٦١٠-٥٤٧ ق.م) تلميذ طاليس Thales (٦٢٤-٥٤٦ ق.م). فقد رأى أن الماء لا يصلح أن يكون مبدأ أول كما قال أستاذه ، لأن المبدأ الأول لا يمكن أن يكون شيئاً، فلما المادة الأولى بـ "اللاتناهي". وقال أنها لا متناهية بمعنى : من حيث الكيف ، أى لا معينة، ومن حيث الكم ، أى لا محدودة . وهى مزيج من الأضداد جميعاً : الحار والبارد والرطب واليابس وغيرها . إلا أن هذه الأضداد كانت فى البدء مختلطة متعادلة غير موجودة بالفعل من حيث هى كذلك . ثم انفصلت بحركة المادة ، وما زالت الحركة تفصل بعضها عن بعض ، وتجمع بعضها مع بعض بمقادير متفاوتة ، حتى تألفت بهذا الإجماع والإنفصال الأجسام الطبيعية على اختلافها.

أنظر: يوسف كرم : تاريخ الفلسفة اليونانية (ط ٥) ، لجنة التأليف والترجمة والنشر ، القاهرة، ١٩٦٦) ص ١٤.

Continuum : كل هو متناهياً لم لا متناه^(٧). ولعل هذا هو ما حدى بأرسطو - فى محاولته الرد على حجج "زيلون" - إلى التفرقة بين نوعين من "اللامتناهى" : اللامتناهى فى العدد، أى مالا آخر له ولا طرف. واللامتناهى فى الإقسام، أى ما يمكن قسمته إلى مالا نهاية^(٨). وهى نفس التفرقة التى أقامها "رسل" فى معرض تأريخه لمشكلة اللامتناهى، حيث فرق بدوره بين اللامتناهى Unended أى ما لانهاية له فى الإمتداد، وبين اللامتناهى، أى مالا نهاية له فى الإقسام^(٩). وبلغت الرياضيات، يُعرف هذين للنوعين من اللامتناهى بـ : اللامتناهى فى الكبر Infinitely great ، أى ما هو أكبر من كل كم معطى. واللامتناهى فى الصغر Infinitesimal -infinitely small أى ما هو أصغر من كل كم مُعطى^(١٠).

٤- أما كلمة "الاتصال" فى الإنجليزية Continuity - وفى الفرنسية Continuïté - فمستحدثة ومبتكرة إذ تعود بسائر اشتقاقاتها إلى الفعل اللاتينى Continuo، بمعنى "يواصل" أو "يستمر" أو "يتجه بدون تأجيل".

(7) Korner, S. : "continuity", in Encyclopedia of philosophy, ed. by Edwards, p., Macmillan Publishing Co, Inc & the Free Press, London, 1967, Vol (2), P. 205.

(٨) أرسطو : الطبيعة (ترجمة إسحق بن حنين، تحقيق د. عبد الرحمن بدوى، الدار القومية للطباعة والنشر، القاهرة، ١٩٦٥) ج٢، ٦٢، ٢٣، ٢١، ص ٦٢٧.

(9) Russell : Our Knowledge . . . , P 185.

(١٠) المعجم الفلسفى، مادة "اللامتناهى"، ص ١٦٠.

ومنه الإسم اللاتينى Continuitas ، الذى يعنى "الاتصال" أو "الإستمرار" أو "التواصل". وهو ما نعبر عنه فى الإنجليزية بكلمة : Continuity^(١١).

وعلى الرغم من أن هذه الكلمة تستخدم بوجه عام للدلالة على إتصال الأحداث أو الحركات أو التغيرات فى "الزمن Time" أو "المكان Space" دون إنقطاع^(١٢)، إلا أن المعنى الرياضى لها هو الأكثر شيوعا فى معاجم الفلسفة، حيث تُستخدم كوصف لمجموعة من الحدود Terms أو الأعداد Numbers المرتبة على نحو تسلسلى دون فجوات أو ثغرات^(١٣).

٥- أما فى العربية، فالإتصال كلمة أصيلة، وليست بمُعرّبة أو دخيلة. يرجع أصلها الإشتقاقى إلى الفعل الثلاثى "وَصَلَ". ومنه "وُصِلَ" و "وُاصِلٌ" و "تواصل" و "إِتصل"، وكلها إشتقاقات صحيحة^(١٤).

ولكلمة الاتصال فى العربية نفس الدلالة اللفظية التى لكلمة Continuity فى الإنجليزية حيث يكال بـ "الاتصال"، ويُعنى به عكس "الإنقطاع". ففى التنزيل العزيز : ﴿وَالَّذِينَ يَتَّبِعُونَ عَهْدَ اللَّهِ مِنْ بَعْدِ مِيثَاقِهِ وَيُقِيمُونَ مَا

(11) Webster's third , New international dictionary of the English language , Unabridged . by Marrian Webster Inc, N.Y, 1981, item "continuity", Vol (7), p 493.

(12) Korner , OP - Cit , p. 205 , also Webster's Encyclopedia unabridged dictionary of the english language , Portland house, N.Y , 1983 , item "continuity", P . 317.

(13) See for examble : Runes dictionary , item "continuity", pp 82-83 , also the new encyclopedia Britannica , Micropedia , London , 1986 , item "continuity", Vol (3) , P586.

(١٤) مجمع اللغة العربية : المعجم الوسيط (تصدير د. إبراهيم بيومى مذكور ، دار المعارف ، القاهرة ، ٢ ط ، ١٩٧٢) مادة "وَصَلَ" ، ص ص ١٠٣٧-١٠٣٨.

أمر الله به أن يُوصل . . . » (الردة ٢٥). وفي الحديث الشريف "رأيت سبباً واصلاً من السماء إلى الأرض". وفي قول الشاعر ابن جني :

قام بها يُنشد كل مُنشدٍ..... وأتصلت بمثل ضوء الفرقد*

وقطع الشيء في اللغة يعني فصل بعضه^(١٥)، ومن ثم فإن إتصاله يعني وجود وصل به. يقول الليث: كل شيء إتصل بشئ فما بينهما وصل^(١٦). ويقول العرب "ليلة الوصل" ويعنون بها آخر ليلة في الشهر لإتصالها بشهر آخر^(١٧).

٦- وعلى الرغم من وضوح الدلالة اللفظية لكلمة الاتصال في العربية، إلا أن ثمة أشكالاً لغوياً يطرح نفسه عند ترجمة الكلمة الإنجليزية Continuity فعلى سبيل المثال : بينما يقترح الدكتور "محمد مرسى أحمد"^(١٨) ترجمتها بكلمة "الاتصال"، ويترك للقارئ حرية المفاضلة بينهما وبين كلمة "التواصل"،

* الفرقد نجم قريب من القطب الشمالي ، ثابت الموقع تقريبا ، ولنا يُهتدى به ، وهو المسمى "النجم القطبي" ، ويقربه نجم آخر مماثل له وأصغر منه ، فهما فرقدان. أنظر : مجمع اللغة العربية : المعجم الوجيز (تصدير د. إبراهيم يرمى مذكور ، طبعة خاصة بوزارة التربية والتعليم المصرية ، القاهرة ، ١٩٩٠) مادة "فرقد" ، ص ٤٦٩ .

(١٥) المعجم الوجيز ، مادة "قطع" ، ص ٥٠٨ .

(١٦) لسان العرب ، مادة "وصل" ، المجلد السادس ، ص ٤٨٥٩ .

(١٧) نفس المرجع ، ص ٤٨٥٣ .

(١٨) أنظر قائمة المصطلحات المزيل بها كتاب "رسل" : مقالة للفلسفة الراحبة (ترجمة د. محمد مرسى أحمد ، مراجعة د. أحمد فؤاد الأهواني ، مؤسسة سجل العرب ، القاهرة ، ١٩٨٠) ص ٣٢٨ .

يفضل الدكتور زكي نجيب محمود^(١٩). ترجمتها بكلمة "الإستمرار". فأى هذه الكلمات إذن أصوب وأدق كمقابل للكلمة الإنجليزية؟.

من الواضح أننا قد صاغرنا منذ أن وضعنا عنواناً لهذا البحث، على أن الترجمة الأمثل والأدق لكلمة continuity هي كلمة الاتصال. أما حيثيات هذه المصادرة فتتقسم إلى جزئين: جزء "خاص بالمعنى العلمى الدقيق لهذا المصطلح"، وجزء "خاص بتاريخ المصطلح فى العربية". أعنى ترجمة العرب له فى عصر النقل عن اليونانية وغيرها.

٧- من الجهة الأولى، لو نظرنا إلى المعنى العلمى لهذا المصطلح سواء فى الإنجليزية أو فى أية لغة أجنبية أخرى، لوجدنا أنه ينحصر فى مبدأ رياضى منطوقه ما يلى: "بين أى حدين معلومين فى أية متسلسلة series تامة الترتيب، يوجد دائماً حد" ثالث^(٢٠). فإذا كان أ ، ب أى مقدارين من نفس النوع فى أية متسلسلة ، وكان أ أكبر من ب ، فهناك دائماً مقدار ثالث ج ، بحيث يكون أ أكبر من ج ، ج أكبر من ب^(٢١).

وقد تكون هذه المتسلسلة مكونة من نقاط أو أنات أو مائشابه ذلك المهم أن يكون هناك "تجانس" homogeneity بين حدودها ، فهذا شرطها الأول ، يتلوه شرط آخر هو تكون المتسلسلة خالية من الفجوات .

يقول "رسل" : "الاتصال ينطبق على المتسلسلات (وعلى المتسلسلات فقط) حيثما تكون تلك المتسلسلات ، بحيث يكون هناك حد بين أى حدين

(١٩) أنظر د. زكى نجيب محمود : "برتراند رسل" (سلسلة نوابع الفكر العربى ، دار المعارف بمصر ، القاهرة ، بدون تاريخ) ص ١٦٧ .

(20) Runes : dict . of philo. , p 82 .

(٢١) رسل : أصول الرياضيات ، ج ٢ ، ص ١١٤ .

معلومات ، وكل ما ليس متسلسلة أو مركباً من متسلسلات ، أو كل متسلسلة لا تحقق الشرط المذكور سابقاً ، فهو غير متصل . وهكذا فإن متسلسلة الأعداد المنطقية [أى الكسور] متصلة ، لأن الوسط الحسابي^{٢١} لإثنين منها هو دائماً عدد منطقي rational ثالث بين الإثنين ، وحروف الأبجدية ليست متصلة^(٢٢).

ومعنى هذا أن مبدأ الاتصال فى منطق الرياضى الأسمى ، لا يعنى فقط عدم الإنقطاع بين أى حدين فى أية متسلسلة ، بل يعنى أيضاً أن كل حد منهما هو وحدة صلبة قائمة بذاتها ، وأن الوسط الحسابي لهما هو دائماً حد آخر جديد قائم بذاته أيضاً^{*} .

هناك إذن تغيير^{٢٣} متصل ، بحيث نحصل على حدود جديدة مختلفة طالما سرنا فى عملية إستخراج الوسط الحسابي . ولو مثلنا لذلك بشئ محسوس كحرارة الشمس بداية من لحظة الشروق وحتى لحظة الغروب ، لقلنا أن

^{*} من المعروف أن الوسط الحسابي لحد محدود من الأعداد هو مجموع تلك الأعداد مقسوماً على عددها ، ومن ثم فالوسط الحسابي بين a ، b هو $\frac{a+b}{2}$ وإذا وضع الوسط الحسابي بين عددين فإن الأعداد الثلاثة تكون متسلسلة حسابية ، أى أنه إذا كانت a ، b ، c ثلاثة حدود متتالية ، فإن الحد الأوسط (ب) هو الوسط الحسابي للحدين الآخرين .

(٢٢) رسل : المرجع السابق ، ص ١١٩ .

^{*} من الواضح أننا يلزم تعريف رياضى مجرد ، قائم على تصور الرياضيين للأعداد ، ومقتضاه يتألف المتصل من عناصر لا تنقسم . أما تطبيق هذا التصور على مادة الخبرة كالزمان والمكان والمادة والحركة ، فقد كان محور مشكلة الاتصال واللاتماهي عبر تاريخها العلمى الطويل . ومازال السؤال مطروحاً للبحث : هل المتصل مؤلف من عدد لا متناه من العناصر اللانقسمة ، أم أن عناصره أيضاً منقسمة ، وقد تعددت الآراء فى ذلك على مر العصور ، كما سنرى فيما بعد .

درجة الحرارة تختلف في كل لحظة عن درجتها في اللحظة السابقة أو اللاحقة . أى أن هناك تغييرات متصلة في درجة الحرارة.

ولا شك أن هذا المعنى يختلف نوعاً عما توحي به كلمة " الإستمرار " من دلالة لغوية ، فنحن نقول في اللغة: " إستمر الشيء " ، ونعني بذلك أنه " مضى على طريقة واحدة"^(٢٣) ، مما ينتجى معه وجود التغيير ، حتى لكأننا مثلاً بإزاء جسم صلب يبقى على حاله في الزمان والمكان دون أن يعتريه أى تغيير .

وعلى الرغم من أن كلمة " التواصل " تقترب في مدلولها اللغوي من كلمة " الاتصال " ، إلا أن الثانية أقوى في الدلالة على المعنى العلمى المقصود. فالإتصال -كما ذكرنا- ضد الإنقطاع، أما "التواصل" فـضد "التصارم"^(٢٤)، وهو مصطلح يكثر إستخدامه فى وصف العلاقات الإنسانية منه فى وصف العلاقات بين الأشياء سواء أكانت عينية أم مجردة، يؤكد ذلك ما ورد فى الحديث الشريف: "من أراد أن يطول عمره فليصل رحمه"^(٢٥).

٨- ومن جهة ثانية عرّف العرب مصطلح "الاتصال" كمصطلح فنى قبل أن تعرفه أوروبا بسنوات طويلة. كان ذلك فى مرحلة مبكرة من عصر النهضة الإسلامية، حين نشط مترجمى العرب والإسلام فى نقل الفلسفات والعلوم المختلفة عن اليونانية وغيرها إلى العربية. فمن خلال ترجمته لكتاب

(٢٣) المعجم الوجيز : مادة "مر" ، ص ٥٧٨ .

(٢٤) لسان العرب : مادة "وصل" ص ٤٨٥١ .

وأيضا : محمد بن أبى بكر الرازى : مختار الصحاح (عنى بوتييه محمود خاطر ، دار الحديث ، القاهرة ، بدون تاريخ) مادة "وصل" ، ص ٧٢٥ .

(٢٥) لسان العرب ، مادة "وَصَلَ" ، ص ٤٨٥١ .

"الطبيعة" لأرسطو* وضع "إسحق بن حنين" (ت ٩١١م) هذا المصطلح كمقابل لنظيره في اللغة اليونانية، ومن المعروف عن "ابن حنين" أنه خير من قدم الثقافة اليونانية إلى قراء العربية، فقد أجاد ثلاث لغات غير العربية (الفارسية واليونانية والسريانية) مما مكّنه من عقد المقارنات بين اللغات المختلفة قبل أن يقف على المعنى الدقيق للكلمة^(٧٦). وهكذا لم يكن إختياره لأى مصطلح يتم بطريقة عشوائية، بل كان يفعل ذلك بعد فحص طويل وتقيب دقيق.

ولم يشذ عن هذه القاعدة أغلب مفكرى العرب والإسلام، فعلى سبيل المثال، يتحدث "ابن سينا" (ت ١٠٣٧م) فى كتابه "النجاة" عما يُسمى بـ "الكم المتصل" و"الكم المنفصل"، وبينما يُعرّف الأول بأنه "ما يمكن أن تُفرض فيه أجزاء تتلاشى عند حد واحد مشترك كالسطح والزمان"، يقول عن الثانى أنه "ما لا يمكن أن يُفرض فى أجزائه حد واحد مشترك وهو العدد لاغير"^(٧٧). وسوف نلاحظ فيما بعد أن تعريف "ابن سينا" هذا للإتصال يعود مباشرة إلى "أرسطو".

أيضا يتحدث "الرجائى" فى تعريفاته عما يُسمى بـ "إتصال الترتيب" فيقول: "هو إتصال جدار بجدار بحيث تتداخل لبنات هذا الجدار بلبنات ذلك،

* أنظر ترجمة إسحق بن حنين لكتاب "الطبيعة" لأرسطو (الجزء الثانى ، المقالة الخامسة وما بعدها). وسوف نحمد على هذا الكتاب فى عرضنا لآراء أرسطو فى الإتصال ، وذلك لما يحسم به من شروح وتعليقات قام بها أربعة من =أفضل مناطق العرب ، وهم : أبو على بن السمع (ت ٤١٨هـ) ، يحيى بن عدى (ت ٣٦٤هـ) ، أبو بشر متى بن يونس القتالى، أبو الفرج عبد الله بن الطيب.

(٢٦) د.توفيق الطويل : فى تراثنا العربى الإسلامى (سلسلة عالم المعرفة ، الكويت ، مارس ١٩٨٥ ، العدد (٨٧) ، ص ٧٧.

(٢٧) ابن سينا : النجاة ، ص ٣٣٨ ، نقلاً عن المعجم الفلسفى ، مادة "كم" ، ص ١٥٥.

وإنما سُمي "إتصال الترييح" لأنهما يُنبهان لحيطة مع جدارين آخرين بمكان مربع^(٢٨).

وعلى الرغم من الطابع الهندسى العملى لهذا التعريف، إلا أنه يفتى بالفرض المطلوب، وهو شيوع المصطلح بين رواد الثقافة العربية والإسلامية.

٩- بقى أن نشير إلى تفرقة هامة أقامها "برجسون" بين مصطلحي "الاتصال" و "الإستمرار"، وهى تفرقة تؤكد على الترابط الوثيق بين مذهب الفيلسوف ومصطلحاته، بغض النظر عن دلالاتها اللغوية أو العلمية.

ينظر "برجسون" إلى "الاتصال" من منظور ميتافيزيقى تطورى مختلف تماما عن المعنى العلمى له. فما يعنيه بالمصطلح هو "إتصال الديمومة" Duration، أى الزمان الحقيقى النفسى المتدفق، الذى لا يمكن إدراكه إلا بالحدس Intuition. أما الزمان العلمى، أو الزمان المكاني -كما يسميه- فهو زمان "أجوف مجرد، لا يعدو أن يكون تجريدا لتدفق الديمومة"^(٢٩). بعبارة أخرى، يمكن القول أن نوع الاتصال الذى يقول به العلم -فى نظر برجسون- ماهو إلا تجميد لصيرورة الأشياء الداخلية، وإتزعاع لحظى للحركة المتدفقة بفرض دراستها وفهمها^(٣٠).

(٢٨) الجرجاني (أبى الحسين الحسنى) : المعريفات (شركة مكتبة ومطبعة مصطفى البابى الحلبي وأولاده بمصر، القاهرة، ١٩٣٨) مادة "إتصال الترييح"، ص ٤.
(٢٩) د. محمود رجب : الميتافيزيقا عند الفلاسفة المعاصرين (دار المعارف، القاهرة، ط ٣، ١٩٨٧) ص ٢٦٠.

(٣٠) هنرى برجسون : التطور الخلاق (ترجمة د. محمود قاسم، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٤) ص ١٧١.

وإنطلاقاً من هذه الرؤية، يحتفظ "برجسون" بمصطلح "الاتصال" للدلالة على المعنى الميتافيزيقي الذي يقبله، فهو في عُرْفه أقوى من مصطلح "الاستمرار" الذي لا يصلح سوى لوصف عالم الظواهر، سواء أكان إنعكاساً عقلياً لم تجربة محسوسة.

يقول "برجسون" في تعليقه على نظرية "الخلق المستمر" التي قال بها "ديكارت" مفراً بين عالم المادة وعالم الروح: "أنه لو سلك الطريق الثاني (حتى نهايته) لانتهى إلى جميع النتائج التي يتضمنها حدس الديمومة الحقيقية. وعندئذ لن يبدو الخلق كما لو كان مستمراً 'continuee' فحسب، بل كما لو كان متصلاً continu. وكان العالم مُعتبراً في جملته يتطور حقيقة"^(٣١). ولا شك أن إنتقاد "برجسون" للعلم قد فتح عليه أبواب النقد الحاد من قبل فلاسفة العلم، خصوصاً "رسل"، الذي وصف فكرته عن "الاتصال الميتافيزيقي"، بأنها "فكرة غامضة مختلفة تماماً عما ألفناه من أفكار"^(٣٢).

ثانياً : الأصل التاريخي للمشكلة:

١٠- كما أن لكل بناء قواعد، فإن لكل حضارة أسرار، هي كالجذور، تضرب بأطرافها في أعماق الأرض فتتمو الحضارة وتزدهر. ولو تتبعنا البعد

* الخلق المستمر : نظرية قال بها اللريون من مفكري الإسلام ، ثم تابعهم فيها "ديكارت" في العصر الحديث ، وإن كان قد أنكر وجود جواهر فردة أو أجزاء لا تتجزأ ، وضمحى هذه النظرية أن خلق الله لا يتوقف ولا ينقطع ، فهو مُبدع العالم وحافظه ، بمعنى أن العالم متوقف في وجوده ويقا له فعل الله الذي يخلقه ويمسكه في كل اللحظات ، ولولا ذلك لانقطع وجوده . انظر : المعجم الفلسفي ، مادة "خلق" ، ص ٨١ و مادة "خلق إلى" ص ٧٣ .

(٣١) برجسون : المرجع السابق ، ص ٣٠٤ .

(٣٢) رسل : مقدمة للفلسفة الرياضية ، ص ١١٦ .

التاريخي لمشكلة الاتصال والالتزام، لوجدنا أنها ثمرة من ثمار الفرع الرياضي لشجرة الحضارة اليونانية. أما السر الأكبر في تلك الحضارة فيمكن في إدراك بناتها دون غيرهم من الشعوب القديمة لفكرة العلم كحجة أو برهان على صدق قضية ما صدقاً عاماً يتضمن كل التطبيقات الجزئية التي تصادفها^(٣٢). وتلك هي الفكرة الأساسية لعلوم الرياضيات والفيزياء النظرية التي يلعب فيها العقل النظري البرهاني دوراً لا حدود له، والتي كان "فيثاغورث" مبدعها الحقيقي.

١- فيثاغورث Pythagoras (٥٧٠-٤٩٧ ق.م).

١١- رغم كونه مؤسساً لأول مدرسة يونانية في الرياضيات، ترتفع بعلم الحساب من عالم الحس المادي إلى عالم التفكير العقلي المجرد، إلا أن تفكير فيثاغورث الرياضي يتسم بظاهرتين هامتين، وهما^(٣٤) :-

١- أنه إمتزج بنظريات ميتافيزيقية زائدة عن حاجة الرياضيات ذاتها، حيث ذهب وأتباعه إلى أن كل شيء في الوجود ماهو إلا شكل هندسي وعدد* .

(٣٣) د. محمد ثابت القندي : فلسفة الرياضة (دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية ، ١٩٩٠) ص ٣٩ .

(٣٤) نفس المرجع ، ص ٣٢-٣٣ .

* من المعروف أن فيثاغورث كان مؤسساً لجماعة دينية ، تعرف بالفثاغورية ، تنادي بالإخلاء وتطهير النفس ، وتعقد بتناسخ الأرواح Transmigration of Souls . ورغم أننا نتحدث عنه دائماً كفيلسوف أو كعالم رياضي دون أن نهتم به كرجل دين ، إلا أن نظريته إلى الفلسفة والرياضيات كانت مغلقة بطابع ديني تعسفي ، إذ هما في رأيه ليسا إلا مفيدتين للنفس لحسب ، لأنهما يُعبدان أسمى صورة من صور النقاء . أما رأيه القاتل بأن "الأشياء أساسها أعداد" ، ففيه بالطبع تجاوزاً عن قولنا أن هناك علاقات عديدة بين الأشياء ، أو أن قوانين الطبيعة

٢- أنه إفتقر إلى الترابط النسقى للبراهين الرياضية المتفرقة كما هو الشأن فى المنهج الرياضى الآن. وإن كان يُذكر له إبرازه لفكرة المعرفة العلمية على حقيقتها، أعنى فكرة الاستدلال على صدق القضايا وعموميتها. ولاشك أن شهرة "فيثاغورث" الحقيقية إنما ترجع أولاً وأخيراً إلى نظريته الوحيدة المعروفة باسمه، والقائلة بأن "مساحة المربع المقام على الوتر فى مثلث قائم الزاوية تساوى مجموع مساحتي المربعان المقامان على الضلعين الآخرين"^(٣٥).



ومعنى هذا أنه لو كانت القطعتان أب ، ب ج هما ضلعى مربع ما، وكانت القطعة أج هى قطره، فلا بد وأن يكون مربع القطعة أج مساوياً لضعف مربع أى من القطعتين أب أو ب ج . وبحيث يكون طول أج فى كل مرة نطبق فيها النظرية عدداً صحيحاً يمكن قياسه بوحدات معقوله مما يقاس به الضلعان الآخران^(٣٦).

يمكن التعبير عنها بأشكال رياضية . فى رأى فيثاغورث وأتباعه ، هناك شيئاً مقدساً فى الأعداد ذاتها ، ومن ثم فهى تُعبر عن الكيف مثلما تُعبر عن الكم .
أنظر: ريكس وورنر : فلاسفة الإغريق (ترجمة عبد الحميد سليم ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة ، ١٩٨٥) ص ٢٣ - ٢٤ .

also :Runes dict . of philo ,item "Pythagoreanism " ,pp 275-76.

(35) Russell ,Our Knowledge . . . , p . 166.

(٣٦) د. محمد عامر : إلهيار اليقين (مقال بمجلة عالم الفكر ، المجلد العشرون ، العدد الرابع ، الكويت ، ١٩٩٠) ص ٦١-٦٢

ورغم اتفاق هذه النظرية مع العقيدة الفيثاغورية القائلة بأن الأعداد الصحيحة أساس كل شيء، إلا أنها لم يكتب لها البقاء طويلاً، حيث لم يكد "فيثاغورث" يحتفل باكتشافه الكبير حتى أثبت واحدٌ من أتباعه، ويدعى "هيباسوس" Hippias زيف الأساس المنطقي للنظرية، وبرهن بسهولة على أن مربع العدد الصحيح لا يمكن أن يكون مساوياً لضعف مربع الآخر، لأن هناك عدم تناسب أو عدم تقايس عددي بين أضلاع المثلث. وبذلك تشهد الرياضيات أول أزمة في تاريخها، ألا وهي أزمة الأعداد "اللاقياسية" incommensurable أو "الصماء" irrational ، أي تلك التي لاتخضع لعملية الجذر التربيعي في أعداد منتهية يمكن قراءتها، كجذر ٢ مثلاً^(٣٧).

١٢- وقد يكون من المفيد أن نعرض لبرهان "هيباسوس" هذا، لتركيب إرتفع الذهن اليوناني القديم بالعلم إلى قمة التجريد العقلي، مما كان له انعكاسه المباشر على رؤيتنا للعالم:

لنفرض أن نسبة القطر إلى الضلع في مربع ما هي أ/ب، بحيث يكون أ، ب عددين طبيعيين ليس لهما عامل مشترك (أي عدد فردي وعدد زوجي). حينئذ، وبمقتضى نظرية فيثاغورث :

$$١ - ٢ = ٢ ب^٢$$

ومن هذه المعادلة نستنتج أن ١ ، أ عددان زوجيان. وطالما كانت أ عدداً زوجياً، فإنها يمكن أن تساوى مثلاً ٢ج. ومن ثم فإن ١ - ٢ = ٤ج^٢ . ولكن لو أن ٤ ج^٢ = ٢ ب^٢ ، ٢ج^٢ ب^٢ ، فإن ب^٢ وكذلك ب يجب أن يكونا عددين زوجيين أيضاً. وبالتالي فليس لكل من أ، ب عامل مشترك، وهو ما يناقض

(37) Lucas, J.R: A Treatise on time and Space, Methuen & Co.Ltd.,London , 1973 ,p33.

فرضيتنا الأولى. وعلى هذا لا يمكن أن تكون النسبة $\frac{1}{2}$ مساوية لعدد منطوق (٣٨) .

١٣- وقد تستطيع الرياضيات الحديثة أن تمتدح هذا البرهان دون أية صعوبة منطقية، إلا أنه كان مدمراً تماماً لمذهب فيثاغورث. فالعدد الصحيح عنده - كما ذكرنا - هو الجوهر المكون لكل الأشياء، ومع ذلك لا يوجد عدنان يمكن أن نُعبر بهما عن نسبة القطر إلى الضلع في أي مربع. ولذا ركز فيثاغورث وأتباعه كل جهودهم في حل هذه المشكلة. ولم يكن لديهم في بادئ الأمر سوى طريقتين متعاقبتين ينبغي السير فيهما: أما أولهما فإن يجمعوا بالاستقراء كل ثالث من الأعداد الصحيحة (المعبرة عن أطوال أضلاع المثلث القائم الزاوية) لا يؤدي إلى عدد أصم. وأما ثانيهما فإن يحاولوا

(38) Ibid.

"يعرض" رسل "هذا البرهان بصورة مختلفة لليل، وإن كانت تؤدي إلى نفس النتيجة حيث يقول: لنفرض أن نسبة القطر إلى الضلع في مربع ما هي $\frac{1}{2}$ ، عندما يكون $\frac{1}{2}$ ، من عددين صحيحين ليس لهما عامل مشترك. ∴ $\frac{1}{2} = \frac{2}{2}$ وفقاً للنظرية. والآن مربع العدد الفردي هو بالضرورة عددٌ فردي، لكن $\frac{1}{2}$ بما أنها تساوي $\frac{2}{2}$ فهي عدد زوجي، ومن ثم فإن $\frac{1}{2}$ يجب أن تكون عدداً زوجياً. وبما أن مربع العدد الزوجي يقبل القسمة على ٤، فإن $\frac{1}{2}$ التي هي نصف $\frac{1}{2}$ ، وكذلك $\frac{1}{2}$ ، يجب أن يكونا عددين زوجين. ولكن بما أن $\frac{1}{2}$ عددٌ زوجي، وليس $\frac{1}{2}$ ، من عامل مشترك، فلا بد وأن تكون من عدداً فردياً. وبهذا تكون من عدداً فردياً وزوجياً في آن واحد، ولذلك فإن القطر والضلع في أي مربع لا يمكن أن تكون لهما نسبة منطقية. ويشير رسل في هذا الصدد إلى أن اكتشاف "هياسوس" هذا البرهان كان وبالاً عليه، إذ قام الفيثاغوريون بإغراقه في البحر عقاباً له على كفره بملذتهم وبوجه بما اعتبروه سراً عميقاً لا ينبغي إفشاؤه .

See Russel : OP. Cit ,p 167n ,p168,

تحديد العدد الأصم بوضع أقرب سلسلتين إليه من الأعداد الكسرية، إحداهما بالزيادة، والأخرى بالنقصان، فيقع العدد الأصم بينهما^(٣٩).

لكن ذلك لم يود إلى حل قاطع للمشكلة، حيث ظل العدد الأصم حائلا دون تحديد قطر المربع بحد صحيح. فما كان منهم إلا أن رمزوا للأعداد بالنقاط Points، وبترتيب هذه النقاط في أشكال هندسية كالمستقيم والمثلث والمربع والخمسة والكثير المضلاع، يمكن الحصول على الأعداد المستقيمة والمثلثة والمربعة . . . وهكذا. أى أنهم لم يجدوا سبيلا أمامهم سوى إخضاع الحساب للهندسة، ولحل هذا ما يُفسر تقدم الهندسة البونانية وقوامها كعلم ناضج في مقابل علم الحساب الذى عاقه العدد الأصم عن التطور إلى جبر وتحليل^(٤٠).

١٤- وباكتشاف الأعداد اللاقياسية وتمثيلها هندسياً، يبدأ مفهومي الاتصال والاتناهي أولى مراحل تحديهما للحقل الإنساني. فلو افترضنا - تبعاً للنهج الفيثاغورى - أن أى خط هندسى متصل يتألف من نقاط، فإن وجود الأعداد اللاقياسية سيظهر على الفور أن كل طول متناه، يجب أن يحتوى عدداً لا متناهياً من النقاط . بمعنى أننا لو ألفنا نقاط الخط واحدة بواحدة، فن نلغى أبداً كل النقاط، ولن نستطيع أن نواصل عملية العد إلى ما لا نهاية^(٤١). إننا إذن أمام كيان جديد، يمكن أن نسميه بـ "المجموعات اللامتناهية" Infinite Collections. وهذه الأخيرة هى المصدر الأساسى لما ندعوه بـ

(٣٩) د. محمد ثابت القندى : فلسفة الرياضيات ، ص ٣٥.

(٤٠) نفس الموضع .

(41) Russell : OP . Cit , P169.

"المفارقات" paradoxes وهي " تلك التي يؤدي التفكير فيها حتى يومنا هذا، إلى تكوين متناقضات منطقية"^(٤٢).

على أن هذه المفارقات لم تكن لتُثار على نطاق واسع لولا أنها قد صادقت " زينون الإيلي " ، الذي كان في أمس الحاجة إلى ما يدفع به سخرية الخصوم عن أستاذه "بارمنيدس" ، فأفاد منها، وأحسن: إستغلالها، ووضع بها حُججا مترابطة، تمثل في جملتها مذهباً متناسقاً إلى حد بعيد. ومنذ ذلك الحين، لم يستطع واحد من الفلاسفة أن يقاوم الميل إلى حل المشكلات التي أثارها زينون، ولا يوجد فيلسوف إلا وقال كلمته الأخيرة عن "أخيل"^(٤٣) . أما الفهم المنطقي لتلك المفارقات، فلم يتيسر إلا بظهور نظرية المجموعات لـ "جورج كانتور" في أواخر القرن التاسع عشر^(٤٤).

ولما كان "بارمنيدس" هو الباعث الحقيقي لمفارقات " زينون"، فلا بد لنا من وقفة قصيرة عند رؤيته الميتافيزيقية للعالم.

ب - بارمنيدس Parmenides (٥٤٠-٤٣٠ ق.م).

١٥ - مع " بارمنيدس " ، يمكن أن نرصد مقولة "هيجل" Hegel (١٧٧٠ - ١٨٣١) بأن "الفيلسوف الحقيقي" قد بدأ^(٤٥)، إذ نكون حينئذ مع أول من بحث في حقيقة الوجود، لا لأغراض سرية كما كان الأمر لدى الفيثاغوريين، وإنما

(42) Ibid.

(٤٣) د. علي سامي النشار وآخرون : ديوجالطس : فيلسوف الذرة وأثره في الفكر الفلسفي حتى عصورنا الحديثة . (الهيئة المصرية العامة للكتاب ، منطقة الإسكندرية ، ١٩٧٠) ص ٣١٧ .

(44) Loc .Cit.

(45) Hegel , G.W.E. : collected works (Edition of 1840) , vol xiii , p274 , Quoted by Russell ,OP. Cit, p. 170n .

لأغراض محض منطقية. وتلك هي الفلسفة الحقبة بالمعنى العصري للكلمة^(٤٦).

أما مذهبه فقد لخصه لنا في ثنائية شعرية تصف طريقتي "الحقيقة" Truth و"الرأى" Opinion ، مما يذكرنا بمصطلحي "الظاهر" Appearance و"الحقيقة" Reality له برادلي^{Bredley} (١٨٤٦-١٩٢٤) ، إلا أن "بارمنيدس" أخبرنا عن الحقيقة أولاً ثم عن الظاهر^(٤٧).

وطريق الرأى عنده هو بوجه عام المذهب الفيثاغورى القائل بـ "الكثرة: كثرة الأعداد والنقاط المنفصلة. ولما كان بارمنيدس لا يؤمن بهذا الطريق، فسوف نحصر اهتمامنا في القسم الأول من قصيدته الشعرية .

١٦- يبدأ "بارمنيدس" هذا القسم بالتمييز بين "ما هو موجود" و"ما هو غير موجود"، مؤكداً على أن الحقيقة تنحصر فيما هو موجود، لأنه ببساطة ما يمكن التفكير فيه والنطق به. أما ما هو غير موجود فلا يمكن أن يوجد، لأنه من المستحيل التفكير في "اللاشيء" على أنه شيء له وجود. فلا يمكن أن يكون هناك وجود للفراغ ، ولا يمكن أن تكون هناك مسافات بين الأشياء، ولا بدايات أو نهايات زمنية للأشياء. فالكون واحد سرمدى أزلى، والحركة والتغيير، لا يمكن إدراكهما، وإذا كانت حواسنا توحي لنا بأن الأشياء تتحرك وتتغير، فحواسنا إذن تخدعنا^(٤٨).

يقول "بارمنيدس" على لسان معبودته التي أخبرته عما تكون الحقيقة :

(٤٦) ريكس وورنر : فلاسفة الاغريق ، ص ٢٤ .

(47) Loc. Cit .

(٤٨) ريكس وورنر : المرجع السابق ، ص ٢٥ .

"إن ما هو موجود غير مخلوق *uncreated* ، لا يفتى *indestructible* ، لا يتغير *unchanging* ، لا يتجزأ *indivisible* : إنه ثابت" فى أربطة من الأغلال القوية ، بدون بداية وبدون نهاية ، لأن المجئى إلى الوجود والزوال قد استبعدا ، والإيمان الصادق ألقى بهما بعيدا^(٤٩) .

وهكذا يبدو " عالم " بارمنيدس كجسم ثابت ، متماسك تماما ، لامتقسم ، أبدى ونهائى . أما الحركة والتغير والماضى والحاضر ، فليست سوى أوهام نتخذنا بها حواسنا ، أو هى بالأحرى مجرد حلم يمنحنا حقيقة زائفة . أليست الحركة تستلزم الفراغ ، وهو لا شئ وغير موجود ، بل ألا يستلزم الزمان أن يأتى إلى الوجود ما هو غير موجود ، وقد علمنا أن ما لا يوجد لا يمكن التفكير فيه لأنه بلا معنى ؟ (٥٠) .

(49) Burnet , G. : *Early Greek philosophy*. (2 nd ed, London, 1908, pp 175-75, Quoted by Russell, *OP Cit*, p 170.

(٥٠) أنقر د. على سامى النشار وآخرون : *ديموكرىطس* ، ص ١٤٧ .

" نذكرنا فكرة "بارمنيدس" القائلة بأن "اللاموجود لا يمكن التفكير فيه" بمقولة "باركلي" التى أطلقها فى العصر الحديث حين قال بأن "اللاشئ ممتنع التصور" ، متقنا بذلك عملية الإسقاط العلى على العالم التى قام بها العلماء فى محاولتهم التوفيق بين "مفاهيم الرياضة البحتة" و "قواهر التجربة المحسوسة" . الأمر الذى كان بمثابة البداية لما عُرف بحركة تحسب الرياضيات ، وردها إلى أصولها المنطقية المجردة . (راجع الفقرات ٣٩ وما بعدها) . وهذا إن دل على شئ ، فإنما يدل على تواصل الأفكار الفلسفية والعلمية عبر العصور المختلفة . وهو ما تركه شواهد أخرى واضحة ، فما كنا نتنقل من "بارمنيدس" إلى "زينون" ، حتى وجدنا بينهما "أناكساجوراس" *Anaxagoras* يبحث عن الجوهر المادى ، ويحاول إسجاع عالم الظواهر الذى كاد أن يحطمه منطق بارمنيدس ، فيعرف المادة بأنها "سلسلة متعاقبة من العناصر المترابطة والمتصلة القابلة للإقسام إلى ما لا نهاية" ، وهو تعريف يلقب كثير من تعريف "آينشتين" و "رسل" للمادة - فى القرن العشرين- بأنها "سلسلة من الحوادث المتعاقلة والمتعاقبة" . (ف ١٠٠) فإذا أضفنا إلى ذلك -

لا وجود إذن للانفصال فى أى موضع من مواضع الكون، فالكون وحدة واحدة لا تقبل الإنقسام، لا إلى عناصر متناهية، أو إلى عناصر منقسمة بدورها إلى ما لا نهاية. وتلك هى الفكرة الرئيسية التى صاغ "زينون" حججه دفاعاً عنها.

د- زينون الإيلو (Zeno of Elea) (٤٩٠-٤٣٠ ق.م).

١٧- بعد بارمنيدس، كان المسرح الفلاسفى فى اليونان مستمراً فى عرض المنهج الرياضى للمذهب الفيثاغورى. بل وزاد عليه فصولاً من التهكم والسخرية ضد كل من ينادى بامتناع الكثرة plurality والحركة motion. ورغم قوة الحجة المنطقية لبارمنيدس، إلا أنها لم تكن شفيعة له يثنى الخصوم عن مهاجمته، إذ كيف يكون العالم كلاً واحداً متصلاً، وهو الذى فى جوهره نسق من الأعداد المنفصلة ٢. ألا يعنى ذلك بطلان السر المقدس لتلك الاعداد ٢.

ولم يزل الأمر كذلك حتى إنبرى "زينون"، تلميذ "بارمنيدس" وابن موطنه، للزود عن طريقة أستاذه، مستغلاً فى ذلك نقطة الضعف لدى الخصوم، ألا وهى هروبهم من الأعداد اللاقياسية، وتصورهم للخط المستقيم كتأليف من نقاط منفصلة، وما يمكن أن ينتج عن ذلك من متناقضات منطقية.

تصور "أناكساغوراس" للطل كعلة أولى تُغطى النظام والترتيب على العالم المادى، وهو ما سجله واضحاً عند "نيوتن" إمام التجريبيين فى العصر الحديث (٣٢-٣٤) يحق لنا أن نقول مع أرسطو أنه "لو قورن بكافة الفلاسفة فى عصره لبدأ كشيخ فى كامل وعيه وسط حشد من السكارى. ولولا أن ما تبقى من أعماله لايزيد على مجموعة من المبادئ العامة والمفارقة التى لاترقى إلى مرتبة النظرية العلمية أو النقل الفلسفى، لكانت آرائه أولى بالمرض من غيرها. أنظر: ريكس وورنو فلاسفة الإغريق. ص ص ٤٤-٤٥.

وهكذا وضع "زينون" مجموعات من الحجج ، إحداهم صد الكثرة ، والآخرى ضد الحركة . ومع أن مؤرخي الفلسفة حاولوا التمييز بين المجموعتين ، إلا أنهما في الواقع مترابطتان تماما . فإذا كان "زينون" ينفي الحركة ، فإنه فعل ذلك لأنه ينفي الكثرة . فالحركة تفترض الزمان والمكان ، وهما إمتدادان عنده ، ولما كان الإمتدادان غير مركبين -أو بتعبير زينون: غير متعددين- فإن الحركة فهما غير ممكنة^(٥١) . ولكننا لأغراض بحثنا نهتم فقط بحججه الأربع ضد الحركة ، حيث كانت في الحقيقة هي الأوسع إنتشاراً والأبعد تأثيراً عبر تاريخ العلم والفلسفة .

وقبل أن نعرض لتلك الحجج ، تنبغي الإشارة إلى أنها ليست إثباتاً مباشراً لقضايا بارمنيدس ، ولكنها بمثابة تنفيذ لأراء الخصوم ، وهو ما نسميه الآن بـ " برهان الخلف " *Reductio ad absurdum* ، الذي كان "زينون" أول من استخدمه باستنباطه لنتائج باطلة تلزم عن القول بالتعدد المطلق والحركة الدائمة^(٥٢) . ومعنى ذلك أن الجديسد الذي أتى به - بالنسبة لمذهب بارمنيدس - لم يكن النتائج التي توصل إليها ، وإنما الأساليب التي دعم بها تلك النتائج^(٥٣) . وحتى يُخلق كافة المنافذ أمام محاوريه ، خصص "زينون" الحجتين الأولى والثانية لتنفيذ الإقتراض القائل بإمكانية الإنقسام اللامتناهي *infinite*

(٥١) د. علي سامي النشار وآخرون : ديوفانتس ، ص ٣١٨ .

(٥٢) د. محمود فهمي زيمان : منهج البحث الفلسفي (الهيئة المصرية العامة للكتاب ، منطقة الإسكندرية ، ١٩٧٧) ص ٢٩ .

(53) See Stace , W.T. : *Acritical history of Greek* , London , 1941 , p . 52 .

نقلا عن د. إمام عبد الفتاح إمام المنهج الجدلي عند هيجل (دار المعارف القاهرة ، ط ٢ . ١٩٨٥) ف ٣٠ ، ص ٥٢ .

divisibility للزمان والمكان إلى ما هو منقسم دائما. بمعنى أنهما لا يتألفان من عناصر. أما الحجتين الثالثة والرابعة فقد توجه بهما إلى فرض اللانقسمات indivisibles ، وهو الرأي القائل بأن الزمان والمكان يتألفان من عناصر لا تنقسم^(٥٤).

١٨- الحجة الأولى، "القسمة الثنائية" Dichotomy . وتعرف كذلك بحجة "المضمار" أو "حلبة السباق" The race course ونصها مايلي : "لاحركة، لأنه ينبغي على المتحرك أن يبلغ نصف الطريق قبل أن يصل إلى آخره"^(٥٥) . وبعبارة أخرى: أى حركة مهما كنا نفرض وقوعها، فإنها تقتض من قبل حركة أخرى هي نصفها، وهذه بدورها لا بد وأن تسبقها حركة ثالثة هي رُبعاها، وهكذا إلى ما لا نهاية. وعلى ذلك هناك تراجع لا نهائى فى مجرد فكرة أية حركة^(٥٦).

هذه الحجة - كما ذكرنا - تقتض إمكانية القسمة اللامتناهية للزمان والمكان، فالعداء المنطلق من النقطة (س) لا يمكن أن يصل إلى الهدف (ص) إلا بعد اجتياز متعاقب لأقسام المسافة. وهذا يعنى أن الفواصل الفرعية للمسافة (س ص) = س ص/٢ ، حيث ن = ١، ٢، ٣، ... إلى ما لا نهاية^(٥٧). ولو افترضنا أنه يقطع المسافة (س ص) فى زمن قدره "يوم"، فلا بد وأن يقطع نصفها فى "نصف يوم"، وربعاها فى "ربع يوم"، وثمانها فى "ثمان يوم"، وهكذا

(54) Russell , OP. Cit , p . 174.

(٥٥) أرسطو : الطبيعة ، ج ٢ ، ٩٤ ، ٢٣٩ ب ٩ ، ص ٧١٣ .

(٥٦) رسل : أصول الرياضيات ، ج ٣ ، ص ٢٠٣ .

(57) Vlastos , Gregory : "Zeno of Elea" , in Ancy . of philo . , op . Cit , Vol (8) , p.372 .

إلى ما لانهاية^(٥٨). ومعنى هذا أن حركة العذاء لا يمكن أن تبدأ، لأن إتمام أفعال لامتناهية في فترة زمنية متناهية هو شئ مستحيل منطقياً^(٥٩).

١٩- **الحجة الثانية: "أخيل والسلفاء"** Achilles and tortoise وهي أشهر حُجج "زينون"، وإن كانت تقوم على نفس الفرض السابق، وهو أن الزمان والمكان منقسمان إلى ما لانهاية.

نقول الحجة: "أسرع سريع في العدو لا يمكن أن يلحق بأبطأ بطيء، لأنه ينبغي على المطارِد أن يصل أولاً إلى النقطة التي رحل منها الهارب، وبذلك يبقى الأبطأ متقدماً دائماً بالضرورة^(٦٠) .

ولو حللنا هذه الحجة إلى عناصر مُسلسلة لوجدنا أنها تعبير على النحو التالي^(٦١):-

(١) لنرمز للمطارِد بـ "أخيل" - وهو أسرع عدائى اليونان القدامى - وللهارب بالسلفاء، بحيث تكون الأخيرة متقدمة بمسافة ما عن أخيل.

(٢) أخيل والسلفاء متعاصرين contemporary في حركتهما. أى أنهما يبدأان الحركة وينتهيان منها في نفس اللحظة.

(٣) الفواصل intervals التي يعبراتها متطابقة. أى أن الفاصل الذي تعبره السلفاء هو بعينه الذي سيعبره أخيل.

(٤) سوف يلحق أخيل بالسلفاء إذا، وإذا فقط، وصلاً إلى نقطة بعينها في نفس اللحظة.

(٥٨) انظر شرح يحيى بن عدي وأبو علي بن السمع على كتاب أرسطو: الطبيعة، ج٢، ص ٦٤، ص ٦٢٧.

(59) Loc. Cit .

(٦٠) أرسطو: الطبيعة، ج٢، ص ٦٤، ص ٦٣٩ب١٤، ص ٧١٣.

(61) Op . Cit , p 374.

(٥) على أنه في نهاية كل نقطة لأخيل نجد السلحفاة وقد تحركت إلى الأمام.

(٦) إذن أخيل لن يمسك أبداً بالسلحفاة.

وعلى الرغم من أن هذه الحجة تختلف من حيث الشكل عن سابقتها، إلا أن مادة البناء فيهما واحدة. فأخيل لن يتمكن من قطع المسافة الفاصلة بينه وبين السلحفاة ، لأن أنصافها لا نهاية لها، فهو إذن مشغول دائماً بقطعها. أما السلحفاة فقد قطعتها، وهي مشغولة بما زاد عليها^(٦٧). ومعنى ذلك أنهما لن يتحركا من مكانيهما، تماماً كما تفترض الحجة الأولى. ولكن "زينون" أراد هنا أن يثبت إمتناع الحركة بإمتناع إحدى بديهياتها، وهي أن الأسرع لا يبدؤ أبداً بلحق الأبطأ. وطالما كانت النتيجة فاسدة، فالمقدمة إذن فاسدة.

٢٠- الحجة الثالثة: "السهم" The Arrow.

وهي تشترك مع الحجة الرابعة في دحض الافتراض القائل بأن الزمان والمكان يتألفان من عناصر. أى أنهما ينقسمان إلى "آنات" Instants ونقاط. وقد اختلف الباحثون حول هذه الحجة، حيث شكك مترجم النص إلى الإنجليزية في رواية أرسطو، فأولها حسبما إرتأى أنه الأصوب، ولكنه في الحقيقة أفقد الحجة قوتها^(٦٨). وحتى لا تضل بين هذا وذاك، فنعرض للنصين ثم نُمَاز بينهما.

تقول الحجة في نصها المترجم إلى الإنجليزية: "السهم لا يتحرك في مكان هو ليس فيه، وهو لا يتحرك كذلك في المكان الذي هو فيه. ولما كان السهم موجوداً في مكان مساوٍ لنفسه a place equal to itself ، وكل شئ يبقى

(٦٧) انظر شرح أبو الفرج بن الطيب على كتاب أرسطو السابق، ج٢، ٦م ، ص ٧١٧.

(63) Russel , OP. Cit, p. 179.

ساكناً rest عندما يوجد في مكان مساوٍ لنفسه، فالسهم الطائر في سكون دائماً^(٦٤).

أما النص الأرسطي فيقول: "لو أن كل شيء يسير بشكل منتظم هو دائماً في سكون أو حركة"، وكل متحرك هو دائماً في "الآن"، وكل ما هو في "الآن" فهو في مكان مساوٍ لنفسه، فالسهم المتحرك في سكون دائماً^(٦٥).

ولاشك أن النص الأرسطي هو الأقوى، لأن الحجة في منطوقها المترجم إلى الإنجليزية تفقد الترابط بين الأماكن والأزمنة. وهو شرط أساسي تستند إليه الحجة، وبدونه لا يمكن أن تقوم الحركة.

ومن الواضح أن هذه الحجة تفترض مقدماً تتالي النقاط والآتات. فإذا كان السهم الطائر يستغرق عدة "آتات" ليحبر عدة "نقاط"، فمعنى ذلك أنه في كل "آن" زماني يحتل "نقطة" مكانية مقابلة. وبالتالي تمتنع حركة السهم لأن كل ما هو في "الآن" هو في مكان مساوٍ لنفسه، وما هو في مكان مساوٍ لنفسه، هو في سكون دائماً. وعلى العكس من ذلك، لو أن السهم قد تحرك في "الآن" أو في "النقطة"، فمعنى ذلك أنهما منقسمان، ومن ثم نعود أدراجنا لنقع في براثن الحجتين الأولى والثانية.

(64) Ibid, also Vlastos, OP. Cit , p.374.

"مرة أخرى نضع خطأ تحت عبارة "هو دائماً في سكون أو حركة"، ونقارن بينها وبين قانون "نيوتن" الأول في الحركة، القائل بأن "كل جسم يحفظ بحالة السكون أو يسير بحركة منتظمة في خط مستقيم ما لم يُجبر على تغيير تلك الحالة من قبل قوى مؤثرة (ف٢٣)، مع ملاحظة أن "نيوتن" كان يأخذ بما تفرضه الحجة، وهو أن المكان والزمان مؤلفان من نقاط وآتات. لاشك أن التشابه واضح بين منطوق الحجة والقانون، مما يؤكد فرضيتنا السابقة التي زعمنا من خلالها تواصل الأفكار العلمية والفلسفية بين الفكر القديم، لاسيما اليوناني، والفكرين الحديث والمعاصر.

(٦٥) أرسطو: الطبيعة، ج٢، ٢م، ٢٣٩ب٥، ص ٧١١.

٢١- الحجة الرابعة: "الملعب" The Stadium .

وتُعرف أحياناً بحجة " المجاميع المتحركة " The moving blocks ، وبياناتها كالتالى: "نصف الزمن يمكن أن يكون مساوياً لضعفه"^(١٦). ولكى نُفصل ذلك دعنا نفترض ثلاثة صفوف متوازية فى الملعب (أ أ - ب ب - ح ح)، كل منها منقسم إلى ستة مقادير متماثلة تماماً. وأن الصف الأول ١١ ساكن بلا حركة فى منتصف الملعب، بينما الصفان الآخران يتحركان بسرعة واحدة فى إتجاهين متضادين، وبحيث تكون أوضاع الصفوف الثلاثة قبل الحركة وبعدها كما فى الشكلين التاليين:

الوضع الأول:



الوضع الثانى :



والآن هيا نتأمل الانتقال الحركى من الوضع الأول إلى الثانى: لاشك أن ب٦ قد قطعت الألفات الثلاثة (أ،أ،أ٦) فى زمن ما، ولكنها فى نفس هذا الزمن تكون قد قطعت الجيمات الستة. وكذلك الأمر بالنسبة لـ ح١ التى تقطع الألفات الثلاثة (أ٦،أ٦،أ٦) والباءات الستة فى نفس الزمن . ولما كانت

(٦٦) نفس المرجع ، ج٢ ، ٦م ، ٢٣٩ب٣٢ ، ص ٧١٥ .

الصفوف الثلاثة منقسمة بالتساوى ، والسرعة واحدة للصفين ب ، ب ، ح ، ح ، فلا بد وأن يكون الزمن المنقضى مساوٍ لضعفه^(٦٧).

ومن السهل أن نلاحظ هنا أن "زينون" يُغالط بأن المتحرك على متحرك كالمتحرك على الساكن، وهو بالطبع إفتراض كاذب^(٦٨). لكن الحجة تنقضى إلى إستنتاج آخر أكثر أهمية. ولنعد مرة أخرى إلى الوضع الثانى، ولنفرض أنه الوضع الأول الأساسى. ففي اللحظة الأولى تكون ب_١ فوق ح_١ وتحت أ_١، أما فى اللحظة التالية من بدء الحركة، فسوف يكون الصف الصف الثانى ب_٢ قد تحرك خطوة واحدة إلى اليمين ، بينما يكون الصف الثالث ج_١ ج_٢ قد تحرك خطوة واحدة إلى اليسار. حينئذ ينتج الشكل التالى:



وهنا يحق لنا أن نتساءل: متى مرت ب_٢ بهـ ح_١؟ أو متى مرت ب_٢ بهـ ح_٢؟ لا بد إذن أن يكون هناك مكان آخر بين اللحظتين اللتين إفتترضنا أنهما متعاقبتان. وأنهما لذلك لا يمكن أن يكونا متعاقبتين بالفعل.

وينتج هذا أن أى فاصل زمنى لا بد وأن يحتوى على عدد لا متناه من اللحظات^(٦٩). وهكذا توصل "زينون" دون أن يدري إلى مبدأ الاتصال القائل

(٦٧) أنظر شرح يحيى بن عدى على كتاب أرسطو السابق ، جـ ٢ ، م ٦ ، ص ٧٢٢.

(وقد ورد الشرح دون رسم ولكن أثر وجهه لأن الحجة لاتستقيم بدونها).

(٦٨) نفس المرجع.

(69) Russell , OP. Cit , p 182.

وقد استخدمت الرسم السابق دون أن أعرض لرسم "رسل" ، طابا أنهما يؤديان إلى نفس النتيجة.

بوجود حد ثالث بين أى حدين معلومين. وأنه لا توجد لحظات أو نقاط متعاقبة. ولكن تبقى أمامنا متناقضات العدد اللامتناهى دون حل.

٢٢- ومنذ زمن "زينون" وحتى وقتنا الراهن، لم تزل ردود الفعل تتوالى ضد هذه الحجج، ولم تزل تأثيراتها تتسع بل لقد كانت أساساً لبناءات علمية وفلسفية شكلت جوهر التطور الرياضى والفيزيائى على مدى الخمسة والعشرين قرناً التى تفصلنا عن "زينون" ولمنا فى حاجة إلى القول بأن هذه الحجج فى جوهرها حججاً عقلية، لا تُجدى إزاءها الحلول التجريبية، وعلى هذا نستبعد محاولة "ديوجينيس" الذى إستمع إلى الحجج فنهض واقفاً دون أن ينبس ببنت شفه، وراح يمشى جيئه وذهاباً فى أرض الغرفة يريد هدم الحجج بالحركة المحسوسة (٧٠).

كذلك لم يكن الرد الأرسطى على الحجج مقنعاً للعلم بما فيه الكفاية، حيث ذهب "أرسطو" إلى أن المتصل، سواء كان زمائاً أو مكاناً لم حركة، يمكن قسمته بالقوة لا بالفعل. أى أن حركة المتحرك تتم بالفعل لأن التقسيم

ديوجينيس الأبولونى: Diogenes of Apollonia فيلسوف طبيعى، عاش فى أثينا فى النصف الثانى من القرن الخامس ق.م. قال بالهواء كمبدأ أول للحياة، ونسب إليه كل تغير، ويقال أنه دوّن آراءه فى أربعة كتب هى: "عن الطبيعة"، "علم المعاجم"، "ضد السوفسطائين"، "طبيعة الإنسان".

أنظر: د. عبدالمصم الحفنى: الموسوعة الفلسفية. (دار ابن زيدون بمكة مدهولى، بيروت، القاهرة، ط ١، بدون تاريخ) ص ١٩٧.

(70) Hegel: the history of philosophy, trans by E.S.Haldane & Frances. H. Simson, Routledge & Kegan Paul, Ltd., Second impression, London, 1955, V.(1), P.268.

نقلا عن د. إمام عبدالفتاح إمام: المنهج الجدلى عند هيجل، ف ٣٤، ص ٥٦.

اللا متناهى لا يتم إلا فى عقل المتخيل فحسب^(٧١). ولكننا لا نرى فى فلسفة أرسطو حداً فاصلاً لا يمكن عبوره بين ما هو بالقوة وما هو بالفعل، فالقوة والفعل مرتبطان عنده، وإلا إنهارت الصلة بين العقل والعالم، وبطل بالتالى بحثه فى الطبيعة . وقد نستطيع الزعم بأن الحجتين الأولى والثانية باطلتان، على أساس أن "زينون" لم يكن يعرف أن مجموع السلسلة اللا متناهية من الأعداد يمكن أن يكون متناهياً. فهو يقيم إفتراضه إنطلاقاً من تصوّره لاستحالة إتمام أفعال لا متناهية فى فترة زمنية متناهية، ولكن ما دام مجموع السلسلة: $1/2 + 1/4 + 1/8 + \dots$ مساو للواحد الصحيح، فلا توجد صعوبة منطقية. ولكن يبدو أن هذا الحل أيضاً غير كاف، لأنه لا يفيدنا أن نعرف أن مجموع السلسلة اللا متناهية يمكن أن يكون عدداً متناهياً، إذا عجزنا عن تفسير كيف تبدأ هذه السلسلة.^(٧٢)

وبعبارة أخرى، أقام " زينون " حُججه وهو يعرف كمّ الصعوبات التى يمكن أن تنشأ عن تحليل العدد اللا متناهى: فمتى وكيف يبدأ هذا العدد؟ هل هناك حدٌ فاصل تنتهى عنده الأعداد اللامتناهية ليبدأ بعده العدد اللامتناهى؟ وإذا تجاوزنا هذه الصعوبة، فكيف نطبق على الأعداد اللامتناهية خواص الأعداد المتناهية، كأن نضيف أو نطرح مثلاً؟. خلاصة القول .. لم يترك لنا " زينون " سوى ثلاثة طُرق، يمكن أن نتجو من تلك المفارقات بالمسير فيها، وهى^(٧٣):-

(٧١) المرجع السابق، ١٠٦، ٣٠٦، ١٢، ١٣، ص ٢٥٣.

(٧٢) إير، أ.ج: المسائل الرئيسية فى الفلسفة (ترجمة الدكتور محمود فهمى زيدان، المجلس الأعلى للثقافة، الهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية، القاهرة، ١٩٨٨) ص ٣٥.

(73) Russell: OP. Cit, P183.

١- إما أن نسلم - كما أراد " بولنديس " و " زينون " - بأن الزمان والمكان مجرد وهم، وأن الحركة ليست سوى ألدوعة حسية لأن العالم مُصنعت تماماً.

٢- أو أن نتبع أرسطو فنرفض التسليم بأن الزمان والمكان يتألفان من لحظات ونقاط لأن المتصل ينقسم - بالقوة لا بالفعل - إلى ما لا نهاية.

٣- أو أن نأخذ بمبدأ الاتصال، فنسلم مبدئياً بأن الزمان والمكان يتألفان من لحظات ونقاط ذات أعداد لا متناهية في كل فاصل زمني أومكاني، وبشرط أن نحاول خلال سيرنا الوصول إلى حل لصعوبات تلك الأعداد وهذا هو الطريق الذي إتبعته الفيزياء مسترشدة بالنهج الرياضي، ولكن كان عليها أن تنتظر طويلاً حتى يضع " جورج كانتور " توقعه النهائي إذ اتينا بالوصول إلى حل فعلي لتلك الصعوبات المنطقية:

من الممكن إذن للحجة الفلسفية أن تلقى ضوءاً على رؤيتنا للعالم، ولكن هل يوسعها تغيير تلك الرؤية؟. هذا ما سنراه من خلال تتبعنا لتطور مبدأ الاتصال عبر مسيرة العلم.

ثالثاً: تطور مبدأ الاتصال في العلم: " من أرسطو حتى العصر الحديث ".

٢٣- حينما نتحدث عن " الاتصال " كمبدأ علمي فإنما نعني بذلك أنه يُمثل مفهوماً عاماً أو أساسياً في تاريخ العلم . ولا نغالي إن قلنا أن هذا المبدأ - عبر مراحل التطورية المختلفة- كان مرجعاً للعلماء والفلاسفة فيما أكرهه أو أنكروه من مبادئ ومفاهيم، إنطلقوا منها وعملوا في إطارها، كالحتمية - Deter minism ، والسببية Causality، والإطراد Uniformity. فهذه

جميعاً يرتبطت مباشرة ، سواء في ثبوتها أو في تصدعها، بمبدأ الاتصال:
أعنى اتصال الأحداث والحركات خلال لحظات الزمان ونقاط المكان. وعلى
هذا يحق لنا أن نصف المبدأ بأنه كان - وما زال - غرقة الإنتظار المفوضية
إلى الحقيقة.

ولما كان أرسطو هو أول من قدم تعريفاً علمياً للاتصال، فمن الطبيعي أن
نبدأ به.

(أ) أرسطو . Aristotle (٣٨٤-٣٢٢ ق.م)

٢٤- بحث "أرسطو" في الاتصال واللاتناهي من خلال دراسته للحركة.
وما أفرد من صفحات بهذا الشأن في كتابه "الطبيعة" يصفه "سارنون"
بأنه أعظم خدمات أرسطو في مجال الرياضيات، وأساساً لعلم "التكامل" الذي
اكتُشف في القرن السابع عشر^(٧٤).

ولكلمة "حركة" عند أرسطو عدة معانٍ ، وهي^(٧٥):-

- ١- الحركة في الجوهر: ويسمى الكون والفساد. وهي خروج الشيء من
العدم إلى الوجود أو العكس، مُسمياً العدم فساداً والوجود كونا.
- ٢- الإستحالة: وهي الحركة في الكيف مثل التبييض والتسويد وما إلى ذلك.
- ٣- الحركة في الكم: مثل الذبول والنمو والتخلخل والتكاثف وما إلى ذلك.

(٧٤) جورج سارنون: تاريخ العلم (ترجم لأشرف د. إبراهيم بيومي مذكور وآخرون -
الكتاب الأول: "العلم القديم في العصر اللغبي لليونان"، ح٣، القرن الرابع، ترجمة د.
عبدالحاميد لطفي، دار المعارف، ط٣، ١٩٧٨) ص ٢٠٤.

(٧٥) أ. ا. طيلر: أرسطو "العلم الأول" (ترجمة محمد زكي حسن "توفل"، مكتبة
الحائلي، القاهرة، ١٩٥٤) ص ص ٨٤-٨٥.

٤- الحركة في المكان: ويسمونها بالقلقة، وتنقسم إلى المستقيمة المنصرية كهبوط الثقل وسعود الخفيف. والمستقيمة الفلكية وهي التي تكون في مدار مستدير حول محور.

والحركة الأخيرة أهمها جميعا، لأن حدوثها يقع في كل نحو من أنحاء الحركات المذكورة. وللحركة لواحق: فهي أولا تختص بالأجسام الطبيعية المتصلة، والمتصل إما أن يكون متناهيا أو لا متناهيا. وهي ثانيا تمتنع بدون زمان ومكان. (٧٦)

٢٥- أما " المتصل " فيعرفه أرسطو بأنه: " ما تكون فيه النهاية لشئين متجانسين واحدة، بمعنى أن يكون لهما طرف واحد مشترك " (٧٧). وعلى هذا فالاتصال " إما هو في الأشياء التي من شأنها أن يكون منها شئ واحد بالاقتران ... مثال ذلك بالركز (أي الضم بالمسمار)، أو بالإصاق، أو بالماساة، أو باللاحام " (٧٨).

وما دام المتصل مولفا من أشياء متجانسة، فمن الممكن إذن قسمته إلى ما لا نهاية. لكن إنقسامه هذا بالقوة لا بالفعل. ولا عبرة بوهم الخيال، لأن الإنقسام يحدث في عقل المتخيل لا في الشئ. ولا ينبغي أن نأخذ لفظ " بالقوة " كما يؤخذ في قولنا " هذا تمثال بالقوة "، أي سيكون تمثالا، كأن هناك شيئا لا متناهيا سيتحقق بالفعل. كلا وإنما اللا متناهى بالقوة يبقى دائما بالقوة. ومن ثم فليس اللا متناهى " ما لا شئ خارجه "، بل إنه على العكس من ذلك

(٧٦) يوسف كرم: تاريخ الفلسفة اليونانية، ص ١٤١ .

(٧٧) أرسطو: الطبيعة، ج ٢، ص ٢٧٧، ١٠، ص ٥٤٥ .

(٧٨) نفس المرجع، ١٤١٢٢٧، ص ٥٤٦ .

ما خارجه شئ دائما " فهو ضد التام والكامل. وبما أنه لا متناه، فهو لا مُترك، لأنه مادة بلا صورة، وقوة لا تنتهي إلى فعل^(٧٩).

٢٦- والحركة عند أرسطو بجميع أنواعها واحدة ومُتصلة^(٨٠). لكن إتصالها يقتضى إتصال المكان والزمان، وذلك بإعتبار ما تقطعه الحركة من مكان، وما تستغرقه من زمان. فلو كان المكان أو الزمان إتصالا لكان بالحركة أيضا، ولوقع فى موضع الإتصال توقف فى الحركة الواحدة^(٨١). ولما كان المتصل قابلاً للإتقسام بالقوة إلى ما لا نهاية، فمن الطبيعي ألا يتألف من عناصر لا تتقسم^(٨٢). فالمكان لا يمكن أن يكون مؤلفاً من نقاط، ولا الزمان من آتات، ولا الحركة من تحريكات. ولو كان المكان مؤلفاً من نقاط، لكان الخط المؤلف من عشرة نقاط خمسة خط مؤلف من نقطتين.

(٧٩) يوسف كرم: المرجع السابق، ص ١٤٢.

(٨٠) أرسطو: المرجع السابق، ٢٢٧ ب ٣، ص ٥٥٠.

(٨١) نفس المرجع السابق، ٢٢٨ & ٢٦ ب، ص ٥٦٣-٦٤.

(٨٢) نفس المرجع، ٦٥، ٢٣١ / ٢١، ص ٦٠٥.

* لعل هنا ما حذا بأرسطو إلى إنكار الوجود الفعلي للجوهر الفرد أو الجزء الذى لا يتجزأ، وهى نتيجة نراها على أية حال مطفة بقوة مع ما أقرته الفيزياء الماصرة وميكانيكا الكم، تلك التى تؤكد- كما يقول هاينزنج- أنه لا وجود للذرات كأشياء مادية بسيطة. فالذرة- أو ما هو أدق منها كالإلكترون- ما هى إلا رمز رياضى يتلخ على قوانين الطبيعة شكلا سهلا وواضحا، وهى تظهر تشابهاً بعيداً للجزر الربيعى لنفسه واحد فى الرياضة ومن ثم فإن تبرير وجودها يكمن فى القضاء نفسها لا فى الواقع.

أنظر: فيرنر هاينزنج: المشاكل الفلسفية للعلوم النووية (ترجمة د. أحمد مستجير، مراجعة د. محمد عبد المقصود النادى، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٧٢) ص ٥٦. وحول إنكار أرسطو للجوهر الفرد كشئ مادى بسيط، أنظر: د. على سامى النشار وآخرون: ديموقريطس، ص ٢٧٦.

ولأن هذا الخط متصل ، يجب أن تكون أواخر النقطتين واحدة - فهذا حد المتصل - فيكون للنقطتين آخر، والآخر إنما يكون آخراً ثلثي. فإذن النقطة فيها شيء هو آخر وشيء آخر ليس هو آخر، ولو كانت كذلك لم تكن غير منقسمة^(٨٣) .

ومادام المكان منقسماً إلى مالاتهاية، فكذلك الحركة لأنها تجرى في المكان، وكذلك أيضاً الزمان لأنه عدّ للحركة وإحصاء لها. فالثلاثة إذن سواء في معنى الاتصال، وفي معنى الإقسام إلى غير غاية^(٨٤) .

ويُبدل أرسطو على اتصال الزمان وقابليته للقسمة اللامتناهية، بحجة تستند إلى ثلاث ظواهر محسوسة، وهي^(٨٥):-

١- أن المتحرك الأسرع يقطع في الزمان الأكثر مسافة أعظم من التي يقطعها الأبطأ في زمان أقل.

٢- أن المتحرك الأسرع يقطع في الزمان سواء مسافة أعظم من التي يقطعها الأبطأ في مثل الزمان.

٣- أن المتحرك الأسرع يقطع في الزمان الأقل مسافة مساوية للتي يقطعها الأبطأ في الزمان الأكثر .

وهكذا يمكن أن نواصل التقسيم المتناوب للزمان ما بين الأسرع والأبطأ إلى مالاتهاية.

(٨٣) أرسطو : الطبيعة (شرح يحيى بن هدي ، وأبو علي ابن السمح) ، م ٦ ، ص ٦٠٦ .

(٨٤) نفس المرجع (شرح يحيى وأبو علي) ، م ٦ ، ص ٦١٩ .

(٨٥) نفس المرجع (شرح يحيى وأبو علي) ، م ٦ ، ص ٦٢٠ .

٢٧- والإتصال عند أرسطو أخيراً "مبدأ كوني". فالحركة عنده "قديمة"، وهو أمرٌ "يوجب ثبات العلة الأولى"^(٨٦). وهي أيضاً "أبدية" لأنها لا تنتهى إلا بإعدام الموجودات المُحركة والمتحركة، لكن العلة الثابتة مفعولها ثابت^(٨٧).

أما العالم، فهو عنده "واحد" و "متناه" لأنه جسم، والجسم يحده سطح بالضرورة، وهو أيضاً "منظم" و "قديم" بمادته وصورته وحركته وأنواع موجوداته. وهو لذلك "كروي"، لأن الدائرة أكمل الأشكال^(٨٨).

ولكى تكون الحركة قديمة، يجب أن تكون متصلة. ولكى تكون متصلة يجب أن تكون واحدة، لاسلسلة من الحركات المتميزة والمتعاقبة. ولكى تكون واحدة، يجب أن تكون فى متحرك واحد، وعن مُحرك واحد ثابت. هذه الحركة يُسميها بالنقطة، والنقطة إما أن تكون مستقيمة، وهى الخاصة بحركة الأجسام القريبة من سطح الأرض، وإما أن تكون دائرية، وهى الخاصة بحركة فلك السماء^(٨٩).

والحركة الدائرية هى الوحيدة التى يمكن أن تكون متصلة ولا متناهية، لأن الحركة اللامتناهية لا يمكن أن تتم على خط مستقيم، ولا على خط منحني مفتوح، لأن لكل منهما طرفين يحدان الحركة. ولو فرضنا أن كل متحرك يعود أذراجه ويستأنف الحركة، لكأنت كل حركة متناهية، ومهما جمعنا المتناهيات فلن نبلغ إلى اللامتناهى^(٩٠).

(٨٦) يوسف كرم: تاريخ الفلسفة اليونانية، ص ١٤٥.

(٨٧) نفس المرجع : ص ١٤٧.

(٨٨) نفس المرجع : ص ١٤٨.

(٨٩) نفس الموضع. وأيضاً أرسطو: الطبيعة، ج ٢، ٨، ٢٦١، ٢٧، ٣١، ص ٨٩١.

(٩٠) نفس الموضع. وأيضاً أرسطو : ٢٦٥ ب ١٣ ، ص ٩١٦ - ١٧ .

٢٨- ولا شك أن أفكار أرسطو حول الاتصال الكوني قد ترتب عليها بعض الاستنتاجات الخاطئة. من ذلك مثلاً اعتقاده بدوران الشمس حول الأرض الثابتة في مركز الكون، واعتقاده بأن المادة التي تتكون منها الكواكب تختلف في جوهرها عن جميع عناصر الأرض. لكن تصحيح هذه الأخطاء في العصر الحديث، لم يكن يستلزم هدم الإطار العام لنظريته في الاتصال. بل لقد كان هذا الإطار مُطلقاً للعلم في دراسته لطبيعة الزمان والمكان والحركة. الأمر الذي لا نملك إزاه إلا أن نقول مع الفيزيائي النمساوي "إروين شرودنجر" E. Schrodinger (١٨٨٧-١٩٦٦) "أن علم الفيزياء بشكله الحالي هو النتائج المباشر للعلم القديم وإستمرار مُطرد له"^(٩١). ولا نقوتنا الإشارة بهذا الصدد إلى أن تصورات "أرسطو" للاتصال والالتصاف، رغم ذبوعها الواسع من بعده، إلا أنها لم تلق قبولاً مطلقاً. فلاسفة الأفلاطونية التقليدية مثلاً - ومنهم اللاهتيون الأوغسطينيون^{*} - أقرّوا بشرعية الإنقسام الفعلي للمتصل إلى ما لا نهاية له من العناصر المنقسمة دائماً، ولم يكن مما يدخل في دائرة إهتمامهم أن يقيموا مدى إمكانية تطبيق هذا المفهوم على الخبرة الحسية، ذلك أن تصوراتهم الرياضية لم تكن تُجرّد من الخبرة الحسية، ولو بأقل وصف، بل كانت تصف الواقع، والواقع لم يكن يُدرك لديهم بالحواس، بل بالعقل^(٩٢).

(91) Schrodinger, E.: Science and Hamanism, Cambridge University press, Cambridge, 1951, p.57.

فلا عن: روبرت م. أغروس & جورج ن. ستايو: العلم في منظوره الجديد، (ترجمة د. كمال خلايلي، سلسلة عالم المعرفة، العدد ١٣٤، الكويت، ١٩٨٩) ص ١٢٨.

* نسبة إلى القديس أوغسطين ST. Augustine (٣٥٤-٤٣٠ م).

(92) Korner : Continuity , OP.Cit, p.205.

أيضاً بقيت الذرية الديموقراطية* كتيار فلسفى له قيمته، وشجعت محاولات تفسير "المتصل" كنمط للنظام فى فئة لا متناهية من العناصر اللا منقسمة^(٩٣) . وهو التفسير الذى سيزرر بوضوح عند أقطاب العلم الحديث والمعاصر .

ب- جاليليو : G.Galileo (١٥٦٤-١٦٤٢)

٢٩ - مع بداية العصر الحديث، إتخذت ، مشكلة الاتصال واللا تنهى بعداً جديداً أضيف إلى بعدها الأنطولوجى ، ألا وهو البعد الإستمولوجى. فلم يعد السؤال يدور فقط حول ماهية الاتصال كمبدأ وجودى ، علينا إقراره أو نفيه، بل أصبح يدور حول إمكانية الإمساك بنقاط المكان و آتات الزمان من أجل فهم العالم. وهكذا رفض "جاليليو" تفسير أرسطو الكيفى للاتصال، وأراد أن يضع بدلاً منه تفسيراً كمياً، به يتمكن من تحديد موضع الجسم الساقط فى أية لحظة من لحظات سقوطه^(٩٤). ولما كانت الرياضيات هى الأداة الوحيدة التى يمكن بها تحقيق ذلك، فقد آمن بأنها لغة الحركة. وأن الطبيعة كتاب مفتوح، كتبه الله بلغة الأعداد وعلاقاتها، لا بالمعنى الميتافيزيقى الذى قال به "فيثاغورث" (ف ١١)، ولكن بالمعنى المادى القائم على القياس التجريبى^(٩٥) . وبهذا النهج الرياضى، مال "جاليليو" إلى القول بالاتصال كمفهوم يعنى إمكانية الانقسام اللامتناهى للمتصل إلى مجموعة من العناصر اللا منقسمة. وقدم

* نسبة إلى ديموقريطس Democritus (٤٦٠-٣١٦ ق. م) .

(93) Loc.Cit .

(٩٤) أنظر : د محمود فهمى زيدان: الاستقراء والنهج العلمى (مؤسسة شباب الجامعة، ط ٤، الإسكندرية، ١٩٨٠) ص ص ٧٩-٨١، ص ص ١٤٩-٤٣ .

(95) Collingwood , R.G : An essay on metaphysics, A gateway edition, Henry Regnery Company, Chicago , 1972, pp 250-51.

بذلك أبحاثاً هامة في مجال إتصال الحركة، فسلطنا في كتابه الشهير " عن علمين جديدين " Ontwo new sciences الذي نُشر لأول مرة في هولندا عام ١٦٣٨ ، أي قبل وفاته بسنوات قليلة. وقد شكلت هذه الأبحاث حجر الأساس للدراسات الفيزيائية اللاحقة. ومنها^(٩٦):-

١- برهن جاليليو على أن الأجسام الساقطة - من بُرج عال مثلاً - لها نفس السرعة بغض النظر عن أوزانها، بعيداً عن تأثير مقاومة الهواء. وإستنتج أن الأجسام جميعها تتسارع نحو الأسفل بنفس المقدار.

٢- قام جاليليو بتجارب عديدة على حركة الاجسام فوق السطوح المائلة، حيث تكون البجلة منتظمة. وأثبت أن المسافة التي يقطعها الجسم تتناسب طردياً مع مربع الزمن المنقضى منذ بداية الحركة.

٣- أثبت " جاليليو " أن المسار الذي تأخذه قذيفة projectile منطلقة، يتخذ شكل قطع مكافئ parabola . معتبراً حركة القذيفة مجرد " تراكب " super position بين حركتين بسيطتين: حركة منتظمة في الاتجاه الأفقي وحركة سقوط حر في الاتجاه الرأسي.

ورغم إقتناع " جاليليو " بإمكانية تكوين " متصل " زماني أو مكاني أو مادي، من عدد لا متناه من العناصر اللا منقسمة، إلا أنه وقف عاجزاً أمام صعوبات العدد اللامتناهي. فقد وجد هذا العدد مُختلفاً تماماً عما ألفه من أعداد، ولا يمكن أن تُستخدم معه الثوابت الرياضية المعروفة مثل "مسار" Equal ، وأكبر Greater، و"أصغر" Smaller . وحيث أنه لم يكن قادراً

(٩٦) د. محمد علي العمر: مسيرة الفيزياء على الحبل المشدود بين النظرية والتجربة، (مقال بمجلة الفكر، المجلد العشرون، العدد الأول، الكويت ، ١٩٨٩) ص ٣٣ .

على حل هذه الصعوبات*، فما كان منه إلا أن لجأ إلى الإستعارات، فشبّه المتصل بمجسم حلّ إلى مسحوق نهالي يتألف من عدد لا متناهي من الذرات اللا متناهية في الصغر^(٩٧).

ج- ديكارت: Descartes (١٥٩٦-١٦٥٠).

٣٠- على خلاف "جاليليو" الذي استغرقه التفكير في اللامتناهيات، عاَد "ديكارت" إلى وجهة النظر الأرسطية، فأتى إحتواء المتصل على عناصر لا تنقسم. ومضى يُطور الهندسة الإغريقية، لينجز في النهاية كشفه الضخم المعروف بـ "الهندسة التحليلية". وهي تلك التي استبعد بها كافة الأشكال الهندسية بتركيباتها المُعقدة من النظر في التحليل، مستبقاً فقط خطوطاً مستقيمة يمكن التعبير عنها برمز جبرية^(٩٨).

وبهذا الكشف تمكن "ديكارت" من وضع أهم مبادئ مقابلة الأعداد بالإحداثيات، بمعنى تقابل مستقيم ما لى عدد، مهما تَكُن طريقة الحصول على هذا العدد. فالعدد (أ) يقابله خط مستقيم، وكذلك العدد (أ + ب)، أو (أ × ب)، أو $(\sqrt{2})$. . . إلخ وهذا هو بداية الرياضيات الحديثة^(٩٩) وبعد

* ولكن يُذكر جاليليو أنه كان أول من أظهر هذه الصعوبات في العصر الحديث، وهي التي ظلت مصحبة على الحل حتى لفت إلتباه "برنارد بولزانو" B.Bolzano (١٧٨١-١٨٤٨)، وعلماء الرياضيات في القرن التاسع عشر.

See Russell, OP.Cit, P.P. 196-98

(97) Korner: "continuity" OP.Cit, pp 205-206.

(٩٨) د. محمد ثابت القندي: فلسفة الرياضة، ص ٨٨. وأيضاً ديكارت: مقال عن المنهج، ص ٩٢-٩٤.

(٩٩) د. محمد ثابت القندي: المرجع السابق، ص ٨٨.

أن كانت الهندسة علماً إستراتيجياً محطاً، أمكن إدخال الزمن والحركة فى دراسة الأشكال. وذلك بنتيج الموقع الأتى للنقاط المتحركة على خط ما أثناء رسماً له، ثم الإستعاضة عن هذا الخط بمعادلة جبرية واضحة، مما يعنى إمكانية رد المتصلات الفيزيائية إلى الكيفيات الهندسية وحدها^(١٠٠).

وكان من الطبيعى أن ينعكس تصور "ديكارت" هذا للخط الهندسى المتصل على تصوره للعالم. إذ لما كانت المادة الهندسية منقسمة دائماً إلى ما لا نهاية له من الأجزاء المنقسمة، فليس فى العالم "جواهر فردة" أو "أجزاء لا تتجزأ"، فكل إمتداد مهما صغر قابل للقسمة إلى جزئين، وهكذا إلى ما لا نهاية^(١٠١).

أما الحركة فتحدث بالتأثير الفورى لكل جزء على الآخر، بحيث أن الجسم المتحرك يطرد دائماً الجسم المجاور له ليحل محله. فالحركة فى العالم "دائرية"، "كميتها ثابتة". والمادة متحركة حركة متصلة : حركها الله منذ الأزل وشرع لها قوانينها^(١٠٢).

بعبارة أخرى، يمكن الزعم بأن العالم فى نظر "ديكارت"، "كل" متصل، أو ملاء لا يتخلله خلاء. يمثل فى مجموعة آلة كبرى، ليست الأجسام فيها سوى آلات دقيقة الأجزاء، كثيرة التعطيد، عجيبة الصنع، ولكنها على أية حال آلات تعمل بالحركة فحسب^(١٠٣).

(١٠٠) بروجسون: التطور الخلاق، ص ٣٠٤.

(١٠١) يوسف كرم: تاريخ الفلسفة الحديثة (ط٦)، دار المعارف، القاهرة، ١٩٧٩، ص ٨٠.

(١٠٢) نفس الموضع.

(١٠٣) نفس المرجع، ص ٨١.

٤- نيوطن Newton (١٦٤٢-١٧٢٧)

٣١- ومع "نيوطن" - و"لينتزر" - نصل إلى مرحلة جديدة، يخطو فيها العلم خطوات واسعة نحو إحكام قبضته على الفواصل الزمانية أو المكانية الدقيقة مهما كانت لا متناهية في الصغر. وذلك باكتشافهما لـ "حساب التفاضل والتكامل" *integral and differntial calculus*، أو "حساب القروق" *Fluxions** كما أطلق عليه نيوطن، أو "الحساب التحليلي للاتهائى الصغر" *infinitesimal calculus* كما يفضل "رسل" أن يسميه^(١٠٤).

ومنذ "نيوطن" و"لينتزر"، وحتى تحولات "كانتور" في مجال الرياضيات خلال الربع الأخير من القرن التاسع عشر، كانت طبيعة الاتصال "و" اللاتهامي "تكتسب في المناقشات التي أثارها هذا الاكتشاف^(١٠٥) ولنبدأ أولاً "نيوطن" لما له من بصمات - ما زالت واضحة - في مسيرة الفيزياء.

٣٢- كانت إسهامات نيوطن الرياضية والفيزيائية إستمراراً لجهود جاليلو في مجال "اتصال الحركة". وإن كانت قد اتخذت لديه شكلاً منهجياً أكثر وضوحاً، ينحصر طبقاً لتقرير نيوطن في أربع قواعد عامة، دعاها بـ "مبادئ الفلسفة التجريبية"، وهي^(١٠٦) -

١- يجب ألا نقبل أسباباً للأشياء الطبيعية أكثر من تلك التي تكون حقيقة وكافية لتفسير ظواهر تلك الأشياء.

٢- ولذلك، يجب أن نحدد لنفس الآثار الطبيعية نفس الأسباب بقدر الإمكان.

(١٠٤) أنظر رسل: أصول الرياضيات، ج ٢، ص ١٧٢.

(١٠٥) نفس المرجع، ص ٨٢.

(106) Runes: dictionary of philosophy, item Newton's Method, p 225.

٣- صفات الاجسام، وهى التى لا تسمح بأى زيادة أو نقصان فى الدرجة،
والتي وُجد أنها تنتمى لكل الأجسام من خلال تجاربنا، تعتبر صفات كلية لكل
الاجسام الموجودة.

٤- فى الفلسفة التجريبية يجب أن نبحث فى القضايا التي جُمعت بالاستقراء
العام *general inducition* من الظواهر بكل دقة. ومع ذلك، يمكننا أن نتخيل
أية فرضية مناقضة حتى يحين الوقت الذى تحدث فيه ظواهر أخرى يمكن
بها أن نجعل تلك القضايا أكثر دقة، أو عرضة للإستثناء.

ويؤكد نيوتن نزعة التجريبية فيُصرح قائلاً: "إبنى لا أضع فروضاً" I
do not make hypotheses. وذلك لأن الفروض فى نظره، سواء كانت
ميتافيزيقية أو فيزيائية، وسواء كانت صفات وهمية أو ميكانيكية، لا مكان
لها فى الفلسفة التجريبية^(١٠٧).

٣٣- وبهذه القواعد، وإطلاقاً من فكرة إتصال الحركة التى تركها "جاليليو"
غير مكتملة، وضع "نيوتن" نظاماً للعالم كان فى جوهره ديناميكياً صرفاً. ولئن
لم يكن صدقه فى الطبيعة كاملاً، فقد كان على الأقل صادقاً بما يكفى لإقتضاء

(107) Ibid.

* على الرغم من خمس نيوتن الواضح للمنهج الإستقرائي التقليدى، وتأكيد الصريح على نُد
الفروض الصورية، إلا أن أعماله توحى بعكس ذلك، فهو لم يصل إلى نظريته العامة فى الميكانيكا ،
أو إلى قانونه فى الجاذبية، نتيجة لاستقراء مباشر من الظواهر، وإنما نتيجة لإتباع المنهج الفرضى .
راجع : د . محمود فهمى زيدان: الإستقراء والمنهج العلمى، ص ١٦٢-٦٨ .

See also : Campbell , N. : What is science, Dover publications ,
N.Y,1953,=
= pp 98 - 103& pp 148 - 53.

مائتي عام قبل أن تتكشف حدود تطبيقه^(١٠٨). هذا النظام يقوم على ثلاثة قوانين، رأى نيوتن أنها تنطبق على كل حركة أو سكون في العالم. والحق أنها لم تكن نتائج تجارب جديدة بقدر ما كانت نتائج محاولة لإعادة تفسير مشاهدات مشهورة في ضوء حركات وتفاعلات الجسيمات الأولية المحايدة^(١٠٩).

وقد صاغ نيوتن هذه القوانين على النحو التالي^(١١٠) :-

١- كل جسم يحتفظ بحالة السكون أو يسير في حركة منتظمة في خط مستقيم إلا إذا أجبر على تغيير تلك الحالة من قبل قوى مؤثرة. ويُعرف هذا القانون بقانون "القصور الذاتي" Intertia .

٢- معدل التغير في الإندفاع (أو كمية الحركة Momentum) يتناسب طردياً مع القوى المؤثرة على الجسم. (أو: القوة Force = الكتلة Mass × العجلة Acceleration) .

(١٠٨) جيمس جيز : الفيزياء والفلسفة (ترجمة جعفر رجب ، دار المعارف ، القاهرة ، ١٩٨١)
ص ١٤٨ - ٤٩ .

(١٠٩) توماس كون : بنية الفورات العلمية (ترجمة شوقي جلال ، سلسلة عالم المعرفة ، العدد ١٦٨ ، الكويت ، ١٩٩٢) ص ١٥٧ - ٥٨ .

(١١٠) د. محمد علي العمر : سورة الفيزياء ، ص ٣٦ .

* القوة عند نيوتن تعبراً فلهذا القوانين هي كمية ثابتة وتفسر حركة الجسم تحت تأثير الجاذبية في حيز صغير. أما إذا اخترنا حركة الجسم في حيز كبير - كحركة الكواكب في الفضاء - فإن القوة تصبح غير ثابتة، ويمكن تعينها عن طريق الدوال التفاضلية التي وضعها نيوتن تعبراً لقانونه العام في الجاذبية. وأما " الكتلة " فهي مقدار ما في الجسم من مادة، وهي تختلف عن " الوزن " الذي هو مقدار جذب الأرض للجسم. والكتلة تتناسب عكساً مع " العجلة " ، وهذه الأخيرة هي مقدار التغير في سرعة الجسم بالنسبة للزمن الذي تستغرقه حركته. أنظر فيليب فرانك : =

٣- رد الفعل يساوى الفعل فى المقدار وبضاده فى الاتجاه. أى أن تأثيرى جسمين على بعضهما البعض متساويان دائماً ومتضادان فى الاتجاه.

ومن هذه القوانين وصل نيوتن إلى تقرير واقعة أساسية، هى أن كل جزئ مادى به قوة سماها "قوة الجاذبية": فكل جزئ مادى يجذب أى جزئ مادى آخر، وليست هذه القوة موجودة فقط فى الأجسام الكبيرة، وإنما هى موجودة فى كل جزئ مهما صغر حجمه^(١١١). وعلى هذا وضع نيوتن قانونه العام فى الجاذبية Universal law of Gravitation الذى ينص على أن "أى جسمين يتجاذبان فيما بينهما بقوة تتناسب طردياً مع مضروب الكتلتين، وعكساً مع مربع المسافة بين الجسمين. أى أن القوة تتناسب مع الكتلة الأولى \times الكتلة الثانية / مربع المسافة، ويكون اتجاه هذه القوة على الخط المستقيم بين الجسمين. وتُعرف هذه العلاقة بقانون "التربيع العكسى"^(١١٢).

وباستخدام هذا القانون تمكن نيوتن من شرح عدة ظواهر طبيعية كانت مثار إهتمام العلماء فى عصره، منها حساباه لقيمة عجلة الجسم المنجذب نحو سطح الأرض، وشرحه لحركة القمر الدائرية والمتسارعة نحو الأرض، وما ينتج عنها من ظواهر كالمذّ والجزر. هذا بالإضافة إلى تفسيره للانحرافات الدقيقة فى حركات الكواكب حول الشمس، وصياغة كل ذلك فى صورة رياضية دقيقة^(١١٣).

= فلسفة العلم (ترجمة د. على ناصف، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت، ١٩٨٣) ص ١٤٣-٥١.

(١١١) د. محمود لطفى زيدان: الإستقراء والمنهج العلمى، ص ١٦٥.

(١١٢) د. محمد على العمر: المرجع السابق، ص ٦٣.

(١١٣) نفس المرجع، ص ٣٧.

وفضلاً عن ذلك، حقق "نيوتن" من خلال دراسته لإتصال الحركة إنجازه الضخم: "حساب الفروق". فلكي يحسب قوة الجاذبية المبذولة من جسم كروى صلب على نقطة خارجية، كان عليه أن يعتبر هذا الجسم منقسم إلى ما لا نهاية له من الجسيمات اللامتناهية فى الصغر، لكل منها قوته الجاذبة. ومن مجموع هذه القوى الجزئية تحصل على القوة الجاذبة الكلية للجسم محل البحث. وهذا هو ما عناه نيوتن بمفهوم "التكامل". وحيث أننا فى أى بحث ديناميكى نتعامل مع سرعات دائمة التغير للجسيمات المتحركة، فمن الضروري أن نحكم هذه السرعات بمعادلات تفاضلية كلية، ذلك أننا لو حصرنا أنفسنا فى لحظة منفردة، فلن الجسيم لن يتحرك على الإطلاق، ولو حاولنا تتبع سرعة الجسيم خلال أية فترة زمنية مهما كانت قصيرة، فليست ثمة مقدار واحد معين وإتجاه واحد معين يمكن أن نعزوه لهذه السرعة. ومثل هذه المواقف وكيفية التعامل معها هى ما فصله نيوتن فى نظريته عن التفاضل⁽¹¹⁴⁾.

٣٤- من الواضح إذن مما سبق أن مفهومي "الاتصال" و "اللاتناهي" قد سيطرا على مجمل آراء نيوتن الفيزيائية. وأنه قد واصل بناء الهرم الميكانيكى الذى كان جاليليو قد وضع أسسه. فهو أولاً يُصدر على "مبدأ السببية" كمبدأ أساسى للفلسفة التجريبية، وهذا يتضمن مصادرة مسبقة على

(114) Broad, C.D.: Ethics and the history of philosophy ,Routledge and Kegan Paul , London , 1952,pp25-26.

نقلا عن د. منى طريف الحولى: العلم والاغراب والحرية (المجلة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة ١٩٨٧) ص ص ١٨٦-٨٧ .

مبدأ الاتصال فى الطبيعة* . وهو ثانياً يفهم الاتصال كما فهمه جاليليو، فالمتصل هو ما يمكن قسمته إلى مالاتهية له من العناصر اللامتناهية فى الصغر. وهذا الوصف ينطبق على المادة والحركة بكل أنواعهما. كما ينطبق أيضاً على الزمان والمكان باعتبارهما كيانين قائمين بذاتهما وسابقين على المادة. فالمكان يتألف من عدد لامتناه من النقاط المتجانسة homogeneous والمتصلة continuous. والزمان ينساب على نحو متسارع، ويمكن قسمته إلى ما لانهية له من الآتات المتجانسة، وهما معاً موجودان منذ الأزل وباقيان إلى الأبد^(١١٥).

وبالإضافة إلى ذلك تصور نيوتن الاتصال كمبدأ شامل يحكم العالم بأسره، فالعالم كل "متصل، تتشابك خيوطه من خلال قوى الجاذبية المختلفة التى تربط بين الكواكب والنجوم، وترسم لكل منها مسار حركته الدقيق فى المكان وعبر الزمان.

وهكذا يستكمل نيوتن الخطوط العامة للفيزياء التقليدية: أرضية مطلقة من المكان والزمان، تتحرك فوقها كتل من المادة، تكفها قوى يمكن صياغتها

* وهذا بعينه هو ما فعله "كانط" بعد ذلك، حين صادر على مبدأ الاتصال كإفراض أولى مُسبق Presupposition يقوم عليه مبدأ السببية. فطبقاً له ليست السببية سوى صورة خاصة من هذا المبدأ العام الذى يتطلب التسلسل المتصل .

See Ayer, A.J. : philosophy in the twentieth century , Unwin paper backs with port Nicholson Press, London, 1984 , p 204 .

(١١٥) أنظر د. ماهر عبد القادر محمد : فلسفة العلوم الطبيعية (دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية ، ١٩٩٠)، ص ١٤٧-٤٨ .

also Luces, J.R: Space, Time and Causality , the Clarendon Press, Oxford , 1984 , p- 132 .

صياغة رياضية حاسمة. وقد تبين لعلماء هذا العصر أن هذه القوانين ملائمة تماماً لتفسر كل أوجه الكون المادى تقريباً... وبدا الكون كآلة عملاقة تعمل بانتظام^(١١١).

هـ- لايبنز Leibniz (١٦٤٦-١٧١٦) .

٣٥- على العكس من آراء نيوتن، تنصم آراء لايبنز بطابع ميتافيزيقي يسيطر على فلسفته بآثارها. وتقوم تلك الفلسفة بليجاز شديد على فكرة أساسية وثلاثة مبادئ. أما الفكرة فهي فكرة "الموناد" Monad أو "الجوهر البسيط" أو "الجزء الذى لا يتجزأ" الذى يتركب منه العالم^(١١٢). وأما المبادئ الثلاثة فأولها مبدأ "السبب الكافى" sufficient reason، ويقضى بأن لكل شئ فى

(١١٦) د. محمد محمد قاسم : كارل بوبر ، نظرية المعرفة فى ضوء المنهج العلمى (دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية ، ١٩٨٦) ص ٨٤-٨٥.

"على الرغم من ذلك ، آمن نيوتن بوجود إله يقف وراء هذا الإنتظام الكونى، وكان تصوره لسبق الزمان والمكان على المادة تصوراً دينياً يؤجبه قلم الإله وأبليته. وقد عبر نيوتن عن ذلك بنص بليغ قال فيه: "لا يمكن لهذا النظام الشمسى الجميل، بكواكبه ومذنباته، أن يوجد إلا بتدبير وسلطان من لدن كائن ذكى وقادر". ولا شك أن هذا النص يطرح علينا من التساؤلات التى تحجت تحت تأثير الحتمية النيوتنية المطلقة . وهى تساؤلات تتعلق بالجانب الروحى فى آراء "نيوتن" ، وهل فصل كنهيكارت بين الروح والمادة ، وهل آمن بالغاية فى خضم هذه الميكانيكا السماء التى تحكم الكون؟. أنظر فيليب فرانك : فلسفة العلم ، ص ١٥٤ و أيضاً محمود أمين العالم : فلسفة المصادفة ، (دار المعارف بمصر ، القاهرة، ١٩٧٠) ، ص ٢٥٣ .

(١١٧) د. على عبد الحطى محمد : تيارات فلسفية حديثة (دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية، ١٩٨٤)، ص ٢٥١.

الوجود مسبب يتوقف عليه^(١١٨). أو بعبارة أخرى يجب أن يكون لكل شيء في الوجود تفسيراً تاماً يُوضح لمَ يكون هذا الشيء في موضعه الزماني والمكاني دون أن يكون في موضع آخر^(١١٩).

ومن هذا المبدأ يتفرع ميدان آخران هما صيغتان جزئيتان له: أحدهما مبدأ "الاتصال" القائل بأن "الانتقال متصل في الطبيعة بلا طفرة، بحيث لا تنشأ الحركة من السكون مباشرة ولا تنتهي إليه مباشرة، بل تبدأ بحركة أدق وتنتهي إلى حركة أدق" وهذا المبدأ كما يتضح من صياغته هو ترجمة فلسفية للفكرة الرياضية عن اللامتناهي في الصغر^(١٢٠). والمبدأ الجزئي الآخر هو مبدأ "ذاتية اللامتعاينات" identity of indiscernible، ومنطوقه "أن شيئين جزئيين لا يمكن أن يتشابهوا تمام التشابه وإلا لم يتمايزا، بل يجب أن يفرقا بفارق كيفي ذاتي مطلق فوق إفراقهما بالعدد^(١٢١).

٣٦- وليس "الموناد" عند لايبنز بذرة ديموقراطية مادية، إذ أن كل جسم مهما إقترضاؤه صغيراً فهو ممتد، وكل إمتداد يمكن قسمته إلى ما لا نهاية^(١٢٢). وليس الموناد أيضاً بنقطة رياضية خالية من الروح كالذرة المادية^(١٢٣) إنما الموناد "ذرة روحية" أو "نقطة ميتافيزيقية"، مُحكمة- أي غير منقسمة - ووجودية في الوقت ذاته. فهي إذن وسط بين الذرة المادية التي

(١١٨) المعجم الفلسفي، مادة "سبب"، ص ٩٩.

(119) Lucas, op.cit,p127.

(١٢٠) يوسف كرم: تاريخ الفلسفة الحديثة، ص ١٢٧.

(١٢١) نفس المرجع.

(١٢٢) د. علي عبد المطلب محمد: المرجع السابق، ص ٣١٣.

(١٢٣) نفس المرجع، ص ٣١٤.

هى وجودية وغير مُحكمة، وبين النقطة الرياضية التى هى مُحكمة وغير وجودية^(١٢٤).

والمونادات خصائص ذاتية تتشخص بها تبعا لمبدأ ذاتية اللا متمايزات، وإلا لم تتمايز فيما بينهما . إنها لا تختلف كما quantitatively فيجب أن تختلف كيفاً qualitatively^(١٢٥). وهى لا تبدأ أو تنتهى طبيعيا، ذلك أن الكون والفساد من خصائص المادة ومن ثم فبداية المونادات خلق بالضرورة، ونهايتها إعدام. غير أن الله لا يعدم مخلوقا، فالمونادات إذن خالدة، لكنها لا تصل فى خلودها إلى سعادة مطلقة ، بل تخرج فى الكمال والمعادة إلى غير نهاية كما يقضى مبدأ الاتصال.

وتبعا لهذا المبدأ أيضاً، يجب التسليم بأن المونادات لا متناهية العدد، حيث أنها محاكيات للذات الإلهية، ولما كانت الذات الإلهية تُحاكى على أوجه لا متناهية، فهناك إذن عدد لامتناه من درجات الوجود^(١٢٦).

أيضا تتسم المونادات بأنها متغيرة دائما، لكن تغيرها لا يأتى من خارجها، بل ينشأ عن قوة فى داخلها تدفعها الى التغير التدرجى المتصل^(١٢٧). وعلى هذا فليست كمية الحركة ثابتة فى العالم كما توهم "نيكارت" (ف ٣٠)، وإلا لكانت الحركة سلسلة من المكونات المتتالية^(١٢٨).

٣٧- وإطلاقا من هذا التصور الميتافيزيقى لفكرة الجوهر، يبنى ليبنتز عالمه الذى دعاه بالحقيقى. أما العالم المادى فلا يمكن إلا أن يكون ظاهريا فحسب.

(١٢٤) يوسف كرم : المرجع السابق ، ص ١٢٩ .

(١٢٥) د. على عبد المعلى محمد : المرجع السابق ، ص ٢٥٩ .

(١٢٦) يوسف كرم : المرجع السابق ، ص ١٣١ .

(١٢٧) نفس المرجع ، ص ١٣٠ .

(١٢٨) نفس المرجع ، ص ١٢٩ .

فالمونادات جميعا لامادية. أما المادية فهي الموجود منطوقا اليه من خارج. هي إحالة النسبة الميتافيزيقية بين وسيلة وغاية إلى نسبة كمية بين أجزاء^(١٢٩). وهكذا فليس "المكان" إلا نظاما للأوضاع، ينشأ حين ندرك عدة ظواهر في وقت واحد، وما "الزمن" إلا نظاما للمواقف المتعاقبة. بمعنى أنهما لا يمكن أن يكونا متمايزين عن المونادات وسابقين عليها كما أخبرنا نيوتن^(١٣٠) (ف ٣٤).

وتبعا لتمييزه بين أنواع الجواهر الثلاثة: الميتافيزيقية، والرياضية، والمادية، يُميز ليبنتز أيضا بين أنواع ثلاثة من الاتصال: الاتصال الميتافيزيقي وهو وحده الحقيقي، ولا ندركه إلا بمعرفة حدسية أو ميتافيزيقية. والاتصال الرياضي، وهو مفهوم مثالي قائم في عالم الرياضيات وحدها. والاتصال الفيزيائي، وهو مجرد ظاهر فحسب^(١٣١).

(١٢٩) نفس المرجع، ص ١٢٣.

(١٣٠) نفس المرجع، ص ١٣٤.

(131) Korner ; continuity , OP.Cit , p. 205.

* يذكرنا هذا التمييز الإستمولوجي بين أنواع الاتصال، بطرقه بروجسون بين نوعي الاتصال : الميتافيزيقي والفيزيائي . وكما انتقد "رسل" تلك التفرقة لبرجسون (ف ٩) فكل ذلك فعل مع "ليبنز" . ولا يعني ذلك رفض "رسل" المطلق للمعرفة الميتافيزيقية، بل يعنى كما سنرى رفضه القاطع لوضع سياج بينها وبين المعرفة العلمية.

See Russell : A critical exposition of the philosophy of Leibniz, George Allen & Unwin , London , 1937.

و- بين نيوتن وليبنيتز :

٣٨- نخصص هذه الفقرة لما بين نيوتن وليبنيتز من أوجه للإتفاق أو للإختلاف، ساهمت في إثراء المعرفة العلمية تحت لواء مقولة الاتصال. ونوجز تلك الأوجه في النقاط التالية :-

١- لا شك أننا أمام نظريتين متآلفتين إزاء ضرورة القول بالاتصال، وإن كانتا متنافرتين إزاء طبيعته الوجودية المتحققة بالفعل، فالأولى نظرية مادية ترفض أية فروض صورية سابقة على التجربة، بينما الثانية نظرية ميتافيزيقية نبقت وإكتملت في في رحاب العقل وهذه. ومع ذلك فقد أدت كل نظرية منها- بشكل مستقل- إلى أهم كشف رياضي في القرن الثامن عشر، ألا وهو "حساب التفاضل والتكامل" (ف ٣١). ومن داخل هذا الكشف تتفق النظرتان على معنى مصطلحي "الاتصال" و"اللامتناهي في الصغر" كحدود رياضية مجردة. فالإتصال كما رآه كل من نيوتن وليبنيتز، ما هو إلا ذلك الخط المستقيم الذي إستبقاه "نيكارت" في هندسته التحليلية بعد أن إستبعد كافة الأشكال الهندسية الأخرى (ف ٣٠). وعلى نحو أدق يجب أن نفهم من ذلك الإصطلاح "عدم وجود أدنى فجوة Gab أو إنفصال بين قيم أية دالة"

* يرجع لفظ "دالة" إلى لينتز. وقد إستعمله كوصف للمنحى curve الهندسي المعبر عن علاقات متصلة بين كميتين متغيرين يسميان بالإحداثيين $coordinatés$ فلو نظرنا مثلاً إلى "حرارة الغاز" و"ضغطه"، فإن العلاقة التي تنشأ عن تغير أحدهما عند تغير الآخر ترمس خطأً منحياً هو "دالة" في غرف الرياضيات. هذه الدالة متصلة إتصال الخط الهندسي المنحى، بمعنى أن لها قيماً عديدة متصلة لالفعوات بينها. لاشك أن عدد التجارب عن الحرارة والضغط محدود، لكن الخط الداخلى الذى يربط بين التجارب المحصورة المدد يمثل متصلاً هندسياً لالفعوات فيه. ومع إنهيار فكرة اللامتناهي في الصغر إبان الربع الأخير من القرن التاسع عشر، إنهضت أيضاً فكرة الدالة الهندسية المتصلة، وتم إكتشاف دوال منفصلة لاحصر لها، فكان ذلك بداية الطريق نحو =

Function من الدول، مما يستلزم دائماً هندسياً بخط متصل النقاط، سواء كان الخط مستقيماً أو منحنياً^(١٣٢).

أما الانتماء في الصغر فهو "عدو أو مقدار مع أنه ليس صفراً إلا أنه أصغر من أي عدد أو مقدار متناه". وهكذا فإن هذا العدد يمكن أن يكون عند "نيوتن" ممثلاً للزمن الذي تكون عنده كرة تُلغى رأساً إلى فوق ساكنة عند أعلى نقطة من مسيرها. أو للمسافة بين نقطة على خط والنقطة التالية . . . الخ^(١٣٣). أما عند أينشتاين فيمثل الوحدات التي من المفروض أن تنتهي إليها القسمة اللامتناهية في فلسفته^(١٣٤).

٢- وإنطلاقاً من إنطلاقهما على ضرورة القول بالإتصال، يؤكد كل من نيوتن ولينينتر على ضرورة الأخذ بمبدأ "السببية" حقا أن لينينتر يُخلف هذا المبدأ برداء ميتافيزيقي يحمل شرط "الكفاية" (ف ٣٥)، ولكنه في النهاية لا يختلف كثيراً عن نيوتن الذي يرتقي بالسببية إلى مرتبة الحتمية الميكانيكية.

٣- كان لتصورات نيوتن أثرها في اعتقاده بالزمان والمكان كخلفية مطلقة تتحرك بالقياس إليها كل الأشياء. بمعنى أنهما ليسا مجرد تايهين للوعي، بل هما موجودان بذاتهما. أما لينينتر فقد أدت به تصورات الميتافيزيقية إلى الاعتقاد بنسبية الزمان والمكان. ورغم الفارق الشاسع بين التصورين، إلا أنهما يلتقيان في الطابع "اللاهوتي" الذي أضغاه على مفهومي "المطلق" و

= تحرير التحليل من كل روابط الهندسة، وإقامة فقط على نظرية الأعداد. وهو ما استأوله في الفصل التالي. انظر: د. محمد ثابت الهندى: فلسفة الرياضة، ص ٩١. وأيضاً رسل: أصول الرياضيات، ج ٣، ص ٨٨ وما بعدها.

(١٣٢) د. محمد ثابت الهندى: المرجع السابق، ص ٩١.

(١٣٣) رسل: المرجع السابق، ص ١٨١.

(١٣٤) نفس المرجع، ص ١٧٣.

النسبي". فلكى يُعطى نيوتن معنى لكلمة "مطلق"، كان عليه أن يقر بوجود الله في كل مكان، منذ الأزل وإلى الأبد، بحيث نستطيع إرجاع كافة الحركات إليه^(١٣٥). وهكذا فعل ليننتر، ولكن باتجاه آخر. إذ إن نستطيع أن نفهم معنى كلمة "نسبي" في فلسفته دون العودة إلى تفرقه بين عالم الظواهر وعالم الحقائق. بمعنى أن وجود الزمان والمكان مرتبط بالذات المدركة لظواهر الأشياء، لا على نحو مطلق كما تصور نيوتن^(١٣٦).

٤- رغم سيادة آراء نيوتن التجريبية لما يقرب من قرنين من الزمان، إلا أن آراء ليننتر الميتافيزيقية وجدت مكاناً لها في قلب العلم المعاصر. نستطيع أن نستبين ذلك من خلال نظرية النسبية لأينشتاين Einstein (١٨٧٩-١٩٥٥) التي أبطلت من خلالها مفهومي الزمان المطلق والمكان المطلق، ليضفي بذلك شرعية فيزيائية على نسبية ليننتر الميتافيزيقية. هذا فضلاً عن تأكيد "ميكانيكا الكم" لمبدأ "ذاتية الالتمائزات". فعلى الرغم من أنها تتعامل مع حشد من الجسيمات الدقيقة اللامتمايزة، ومن ثم تؤخذ كل مجموعة منها كوحدة واحدة، إلا أنه وجد أن لكل جسيم عدد مختلف من الذبذبات التي يؤديها خلال فاصل زمني محدد، أي أن كل جسيم يحتفظ بذاتيته الفارقة بينه وبين الجسيمات الأخرى اللامتمايزة عنه^(١٣٧). ومن ناحية أخرى يبدو هذا المبدأ أكثر وضوحاً في الرياضيات الحديثة، فلو نظرنا مثلاً إلى الأعداد الكسرية مثل:

(١٣٥) فيليب فرانك: فلسفة العلم، ص ١٥٤.

(١٣٦) د. محمود فهمي زيدان: من نظريات العلم المعاصر إلى المواقف الفلسفية (دار النهضة العربية، بيروت، ١٩٨٢) جاذبة ص ٣٧.

(137) Lucas : Space, Time and Causality , p.131.

٢/١ ، ٤/٢ ، ٦/٣ ، ٨/٤ ، ١٠/٥ ، . . . ، لوجدنا أنها جميعاً لا متمايزة
كماً، ومع ذلك فإن كلاً منها يُمثل وحدة صلبة قائمة بذاتها^(١٣٨).

كل هذه التأييدات إن دلت على شيء ، فإتاما تدل على أن الميتافيزيقا
ليست دخيلة على العلم، كما ذهب إلى ذلك الوضعيون، بل إنها تمثل والبحث
التجريبي بناءً مزدوجاً لاغنى عنه للمعرفة العلمية.

٣- باروكلي G.Berkeley (١٦٨٥-١٧٥٣) .

٣٩- وجهة نظر أخرى رأينا أن نعرضها بإيجاز لما لها من تأثير على تطور
مفهوم الاتصال واللاتماهي . ففي اللحظة التي إبتدأ فيها نيوتن ولينينتر
بناءهما الفكري ، وتوثقت العلاقة بين الاتصال واللاتماهي في الصغر ، كان
"جورج باركلي" فيلسوف "الإسمية" Nominalism و"اللامادية"
immaterialism ، يتأهب لتوجيه سهام النقد الحاد إلى ذلك البناء وليحدث
فيه من الثغرات ما كان بمثابة نقطة التحول في تاريخ مفهوم "الاتصال"
كمفهوم رياضي .

والإسمية تعني ببساطة أن المعرفة الحقة هي تلك المقصورة على ما
يبدو للشعور بأعراض محسوسة ، وأن ما لا يبدو محسوساً وهم محض . أو
بعبارة أخرى ، هي قوة تجريد المعاني من الأشياء^(١٣٩) . فاللامتعين ممتنع
التصور ، ولا يمكن أن يكون له معنى^(١٤٠).

(138) Ibid.

(١٣٩) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة ، ص ١٦٤ .

"إنكار "باركلي" للمادة لازم عن المبدأ التصوري القائل بأن الموضوعات المباشرة للفكر هي
المعاني دون الأشياء . ولا يعني ذلك إنكار وجوه الأشياء ذاتها، ذلك أن وجود الشيء لازم عن
وجود المعنى. وهو المبدأ النيكارتي القائل بأن المعنى لا يعرف الأشياء مباشرة، بل يعرفها بواسطة
ماله من معان. انظر يوسف كرم : المرجع السابق، ص ١٦٧-٧١.

وانطلاقاً من هذا التعدد لكل ما يمكن أن يقبل في الذهن كـمعنى ،
يسرع باركلي إلى الإعراض على التفكير في " الوجودات " أو
"اللاشياء" nothings ، ومنها بطبيعة الحال الكميات اللامتناهية^(١٤١) .
فاللامتناهى باطل كـمعنى ، ذلك أنه لا يمكن أن يوجد "معنى" مكان لامتناه ،
لأن كل "معنى" متناه . ومن المخال أن يوجد خط لامتناه في الصفر ، لأن
كل خط قابل للقسمة . وحيث أن المكان المدرك بالحواس متناه دائماً ، فلا يمكن
إن الإستمرا في كمية أي مقدار إلى ما لا نهاية . أما الزمان فما هو إلا مجرد
"معنى" لتعاقب المعاني في الذهن ، ومن ثم لا يمكن أيضاً قسمته إلى ما لا نهاية .
هناك إذن حدٌ ملموس لا يدرك وراءه شيء ، وبالتالي لا يوجد دونه شيء^(١٤٢) .

ولأنه ظل على إيمانه بأن الوجود هو كون الشيء مدرَكًا بالحواس ، فقد
رفض باركلي ناقماً أن يقر بإمكان وجود حدود رياضية على شاكلة
"اللامتناهى في الصفر" ، بل إنه لاحتج بأنها إختُرعت بغرض مسابرة العقل
الكسول الذي يفضل الإستسلام للشك المريح بدلاً من معاناة التوغل في إختبار
عنيف للمبادئ التي إعتقها دائماً على أنها صادقة^(١٤٣) .

على أن باركلي لم يكن يهدف من ذلك إلى وضع نظرية جديدة في
الاتصال ، وإنما إستخدم النقد كسلاح يوزع به الدين ويظهر به زيف الملحدين:
فإذا كان العلماء يقبلون المبادئ النظرية وهي غير معقولة ، فبأي حق

وأيضاً د. علي عبد المعطي محمد : تيارات فلسفة حديثة، ص ٣٩٥ وما بعدها.

(١٤٠) يوسف كرم : المرجع السابق ، ص ١٦٥ .

(141) Korner : Continuity , P. 206 .

(١٤٢) يوسف كرم : المرجع السابق ، ص ١٦٦ .

(١٤٣) جيمس جينز : الفيزياء والفلسفة ، ص ١٣٨ .

يهاجمون العقائد الدينية ؟. وإذا كانوا يقبلون المبادئ النظرية لمرامها العملي، فلم لا يقبلون العقائد الدينية التي تؤكد في النفس المحبة والإيمان؟^(١٤٤).

ومع ذلك كانت إنتقادات باركلي بمثابة الصيحة التي دوت في آذان الرياضيين فأيقظتهم من سباتهم الدوجماتيقي ، ووضعتهم على أول طريق التطور المعرفي . فلو أردنا أن نكون الرياضيات يقينية ، فلا بد من تفريقها من أي مضمون مادي ، وإقامتها فقط على التعريفات ، إذ لن تمثل حينئذ إلا إرتباطات جديدة بين مفاهيم معروفة وتبعاً لقواعد معروفة^(١٤٥).

لقد وقف باركلي إذن عند بداية عصر النقد الداخلي والمراجعة الشاملة لكل الأسس الرياضية ، وهو ما أثمر أفكاراً مختلفة بلغت ذروتها في نظريات "٣" . أصل" التي وضعها كل من " ريتشارد ديدكند " R. Dedekind (١٨٣١- ١٩١٦) و"جورج كانتور" في أواخر القرن الماضي^(١٤٦).

م - ما بعد باركلي :

٤٠- وفي الفترة ما بين باركلي وحتى وقتنا الراهن ، تعرض مبدأ الاتصال لتطورات متتالية،

نوجز أهمها في هذه الفقرة توطئة لتفصيلها في الفصول التالية . فعلى الجانب الرياضي، نقّدت القضية الرياضية معيار يقينها السابق ، المتمثل في وضوحها بذاتها ، أو استحالة نقوضها ، أو صدقها على الواقع الحسي . وأصبح معيار

(١٤٤) يوسف كرم : المرجع السابق ، ص ١٦٧ .

(١٤٥) هانز ريشباخ : نشأة الفلسفة العلمية (ترجمة د.فؤاد زكريا، دار الكتاب العربي، القاهرة، ١٩٦٨)، ص ١٣٠ .

(146) Korner , OP . Cit , p. 206.

اليقين متمثلاً في وضع عدد من القضايا الابتدائية ، نعلم بها دون برهان ، لا شئ سوى لأنها أسبق منطقياً من النتائج المترتبة عليها - وكان من الممكن أن نضع عدداً آخر من قضايا مخالفة . ثم نستنبط من تلك المسلمات قضايا أخرى هي النظريات . هذه النظريات تتسم بالضرورة ، ولكن ضرورتها منطقية فحسب ، بمعنى أنها تلزم عن مقدماتها بإتباع قواعد منطقية بحثة^(١٧٧) . وهكذا أصبح مبدأ الاتصال موضوعاً حسابياً مختاراً بواسطة التعريف^(١٧٨) ، يخلو من متناقضات الأعداد اللامتناهية ، ويرقى بصورته عن أى معنى آخر لا يتخذ الفيزيائي أو الفيلسوف أو حتى رجل الشارع . فلكل إنسان - كما يقول " رسل " - مطلق الحرية فى أن يطن أنه يعنى بالاتصال شيئاً مختلفاً كل الاختلاف^(١٧٩) . أما على الجانب الفيزيائي ، فقد أدى إكتشاف الفيزيائي الألماني " ماكس بلانك " M.Plank (١٨٥٨ - ١٩٤٧) لنظرية الكم إلى إثارة التساؤل عن مدى تحقق الاتصال فى الطبيعة ، لا سيما بعد أن تبنى عدد من العلماء فرضية إطلاق الإشعاع من المادة ، لا على شكل تيار متصل كشلال الماء ، وإنما على هيئة مقادير منفصلة discontinuous ، تشبه قفزات الكنجرو فى أحد الحقول^(١٨٠) . وبإختصار ، لم يعد مبدأ الاتصال يتربع على عرش الفيزياء كما كان من قبل ، بل أصبح لزاماً عليه أن يفسح بجواره مكاناً لمبدأ الانفصال discontinuity ، حتى يثبت أحدهما بالدليل التجريبي .

-
- (١٤٧) د. محمود فهمي زيلان : أزمة اليقين في الرياضيات والمنطق (مقال بمجلة الفكر المعاصر ، العدد (٧٩) ، سبتمبر ١٩٧١) ص ٨٩ .
 (١٤٨) رسل : أصول الرياضيات ، ج ٣ ، ص ٢٠١ .
 (١٤٩) نفس المرجع ، ص ٢٠٩ .
 (١٥٠) جيمس جيتز : الفيزياء والفلسفة ، ص ١٧٤ .

وأما على الجانب الفلسفى، فقد كانت الفلسفة كعادتها مسبقة فى استثمار ما يحزره العلم من غلظم فى فتوحاته. لكن مشكلاتها باتت أكثر تعقيداً وتشعباً، فبالإضافة إلى مشكلاتها التقليدية المرتبطة بالاتصال كالسببية والحدسية والغائية، برزت إلى السطح مشكلة أخرى، تسال من خلالها الفلاسفة عن علاقة مبدأ الاتصال الرياضى بالخبرة experience، خاصة عندما يؤخذ هذا المبدأ كجزء أساسى من البنية الرياضية للفيزياء. وإزاء هذا التسالول إتقسم الفلاسفة إلى عدة فرق، يمكن أن نحصر من خلالها ثلاث إجابات مختلفة وهى (١٥١) :-

(١) واحدة من هذه الإجابات تنلق بقوة مع "فلاطون" Plato (٤٢٧-٣٤٧ ق.م) فى أن مفهوم الاتصال الرياضى ليس ملائماً للخبرة، وأن الحالات التجريبية ليست "إمشاركة" Participate فى الحقيقة التجريبية للأشكال . forms

(٢) إجابة أخرى تتلق مع "كانط" والرياضى الألمانى "ديفيد هلمبرت" D.Hilbert (١٨٦٢-١٩٤٣) فى أن الاتصال واللاتماهى، بخلاف المفاهيم الرياضية الأولية أو البنائية constructive الملائمة للتجربة، هما فحسب مفهومان مساعدان. مع الأخذ بعين الاعتبار أننا لا نستطيع -أو نحتاج- لأن نوضح أكثر من أن إضافتهما إلى الرياضيات الأولية لا يؤدى إلى تناقضات . contradictions

(٣) أخيراً، إجابة ثالثة تتلق مع الرياضى والفيزيائى الفرنسى "هنرى بوانكاريه" H.Poincare (١٨٥٤-١٩١٤) فى أن مفهوم الاتصال الرياضى من الممكن موازنته مع نظيره التجريبى بالتكيف التدريجى لهذا الأخير.

(151) Korner , OP . Cit , p. 207.

وعلى الرغم من أن مشكلة العلاقة بين الاتصال الرياضى والخبرة، تفترض القيام بتحليلات مسبقة للاتصال المدرك حسياً، إلا أن هذه التحليلات نادراً ما بوشرت. فقد نظر "بوتكاريه" مثلاً إلى الاتصال الحسى كمفهوم يفتقر إلى التماسك الداخلى. أما "هنرى بوجسون" و"وليم جيمس" W.James (١٨٤٢-١٩١٠) فقد اعتقدا بفضل أية محاولة لتحليل الاتصال الحسى، لأن أى تحليل كهذا ليس إلا ضرباً من التصادم بين منطق العقلايين وبين التجربة المحسوسة. وأما "رسل" فقد هالفهم جميعاً، حيث اعتقد بعدم شرعية التمييز بين مفهومي الاتصال : الرياضى والحسى. ففى نظره ليست هناك صعوبة منطقية فى الافتراض بأن المكان والزمان المدركان حسياً يتألفان من "نقاط" و"أنات"، وأن هذه بدورها تؤلف فى أى فاصل متناه مجموعات كلية لا متناهية بالفعل^(١٥٢).

تخقيب :-

٤١- نخرج من هذا الفصل بتصوّر عام لموضوع بحثنا، فضلاً عن بعض النتائج الجزئية. أما التصوّر العام فنذكر من خلاله أن ما نعينه بالاتصال ينحصر فى مبدأ رياضى، ينص فى صورته البسيطة على وجود حد ثالث بين أى حدين معلومين فى أية متسلسلة، بحيث تخلق هذه المتسلسلة تماماً من أية فجوة أو انفصال بين حدودها. مثلها فى ذلك كمثّل الخط الهندسى المستقيم أو المنحنى، المعبر عن "دالة" تصف العلاقة بين كمين متغيرين. (ف٧، ف٣٨) هذا المبدأ هو المرجع والأساس لكثرة من المبادئ العلمية والفلسفية المعروفة، كمبادئ السببية والغائية والحتمية والإطراد (ف٢٣). وقياساً على ذلك، يرتبط

(152) Ibid.

المبدأ بأهم مشكلات العلم والفلسفة، فيبدو طرفاً أولياً ينبغي للتحقق من قيامه -
أو عدم قيامه- في الطبيعة، إذا ما أردنا فهم بنية الزمان والمكان والمادة
والحركة. وتلك باختصار هي العناصر الأساسية لأي بحث فيزيائي أو فلسفي،
بواء على المستوى المحلى، أو على المستويين الكوني والذري. ومن هنا
كان جمعنا بين العلم والفلسفة في عنوان واحد. ولما كان من الطبيعي أن
تتساعل عند تحليلنا لأي "متصل" عن المدى الذي تصل إليه حدوده وأطرافه
أو الذي تنتهي إليه قسمته، كان تتساعل مثلاً عن تنامي الزمان والمكان أو
لا تناميهما، فمن الضروري ربط مصطلحي الاتصال والالتئام ليمثلاً معاً
موضوعاً بحثياً واحداً (ف٣).

أما النتائج الجزئية فنوجزها في النقاط التالية :-

- ١- رغم خلو المكتبة العربية الحديثة تقريباً من بحث مفصل للاتصال
والالتئام، إلا أن للعرب فضل السبق على علماء أوروبا المحدثين في فهم
الطبيعة الفنية للمصطلحين. تشهد بذلك مؤلفاتهم إبان العصر الوسيط. وإن
كانوا قد تأثروا في ذلك بأقوال فلاسفة اليونان، وخصوصاً أرسطو (ف٨).
- ٢- إذا كان الاتصال مبدأ رياضياً بحثاً، إلا أنه يرتبط في نشأته بهدف فلسفي.
فلم يرد "زينون" لحُججه الشهيرة ضد الحركة أن تكون بحثاً رياضياً خالصاً،
بل كان يهدف أساساً إلى الزود عن مذهب أستاذه "بارمنيدس"، القائل باتصال
الوجود، وزيف الكثرة والحركة (ف١٥، ١٦، ١٧). وإذا كان "زينون" بتلك
الحُجج قد فتح الباب على مصراعيه أمام التطور الرياضي والفيزيائي، فليس
ذلك إلا دليلاً على قوة المعتد الفلسفي، وقدرته على توجيه رؤيته للعالم (ف٢٢).

٣- رغم ما أثارته المذاهب الفلسفية من غمائم متافيزيقية أحاطت بمصطلحي الاتصال والالتزام، إلا أنها كانت مبعثاً لكثير من الإيجابيات في تاريخ العلم، يؤكد ذلك إكتشاف "ديكارت" للهندسة التحليلية كوسيلة للدقة والوضوح (ف ٢٠)، ثم إكتشاف "لبنتر" لحساب التفاضل والتكامل بدافع من توجهاته المتافيزيقية (ف ٣٨، ٣١). هذا فضلاً عن إنتقادات "باركلي" الفلسفية التي دفعت بالرياضيات إلى مرحلة التجريد العقلي المطلق (ف ٣٩). وإذا كان تصور "برجسون" لديمومة الزمان والحركة، لم يلق قبولاً علمياً (ف ٩)، إلا أن تصورات "لبنتر" احتلت مكاناً متميزاً في قلب العلم المعاصر (ف ٣٨)، الأمر الذي يؤكد ضرورة المتافيزيقا كطرف لاغنى عنه للمعرفة العلمية.

٤- رغم ما تتميز به حضارتنا الحديثة من تقنيات عالية، وقدرة فائقة على التجريب، إلا أن أفكارها ليست إلا صياغة جديدة لما قاله فلاسفة اليونان القدامى. رأينا ذلك من خلال أكثر من مقارنة عقنناها بين أفكار القدماء والمحدثين. وهذا ين دل على شيء فإنما يدل على أن اتصال الزمان والمكان - إن كان قائماً - يواكبه تواصل في الأفكار الإتسمانية. وإذا كانت وجهات النظر متغيرة، إلا أن الأفكار الأساسية دائماً ثابتة. كل ما في الأمر أننا نعبّر عنها بأشكال مختلفة. ألسنا نبحت اليوم ونختلف فيما بحث فيه الأقدمون وإختلفوا بشأنه، فلا نستطيع تجاوز آراهم حتى وإن فهمناها بمعنى جديد؟.

٥- ملّم أرسطو بتحقيق الاتصال في الطبيعة، وكان أول من قدم فيه بحثاً علمياً وأخيراً. ومع أن تفرقه بين ما هو منقسم بالقوة وما هو منقسم بالفعل، تمثل فجوة لا يمكن ملئها في بحثه هذا (ف ٢٢، ٢٥)، إلا أن التسليم بتحقيق الاتصال ظل أمراً بديهياً في الفيزياء الحديثة. فقط إقتدت الأخيرة بالنهج

الرياضي فقالت باحتواء المتصل على عناصر لا تنقسم. وتلك هي المقولة الرئيسية لعلماء هذا العصر كما وجدناها عند "جاليليو" (ف٢٩) و "نيوتن" (ف٣٣، ٣٢).

على أنه مع اقتراب القرن التاسع عشر من نهايته، أدى تراكم المعرفة العلمية إلى كثف وجوه أخرى للمشكلة. فقد ارتقت الرياضيات أعلى درجات التجريد، فامتوى لديها القول بالاتصال والانفصال. بينما تساءلت الفيزياء من جديد عن مدى تحقق الاتصال. أما الفلسفة فقد استغرقتها مشكلات لا تنتهي الآراء بشأنها، لاسيما مشكلتي "السببية"، و"علاقة المفهوم الرياضي للاتصال بالخبرة الحسية"، وتلك هي قصة القصول التالية.

نتنظر أولاً في أمر الرياضيات، ثم لننبح ذلك بمستجدات الواقع الفيزيائي وإنعكاساتها الفلسفية.

المثلث

الاتصال الرياضي :
من الأبعاد الهندسية إلى الأعداد

تمهيد :

٤٢- مفهوم الاتصال كما أشرنا (ف٧) مفهوم رياضى مُجرد، لا ينتمى فى جوهره إلى الفلسفة أو الفيزياء. وإن كانت له بالطبع نتائج هامة فلسفياً وفيزيائياً. وقد رأينا كيف أن تاريخ الاتصال كمبدأ رياضى هو فى الوقت ذاته تاريخ لمشكلات الزمان والمكان والمادة والحركة، بأبعادها الفلسفية والفيزيائية. مما يجعل من هذا المبدأ مثلاً حياً للتفاعل المتبادل بين العلوم المختلفة، لا سيما بين الفلسفة والفيزياء والرياضيات..

وإذا كان مبدأ الاتصال ينتمى إلى ذلك العلم الذى إكتسب منذ نشأته صفة اليقين والصدق الإستمولوجى، وهو الرياضيات، فلا بد وأنه قد تأثر بما تأثر به هذا العلم من أزمات عبر تاريخه، خصوصاً أزمته الكبرى التى كان القرن التاسع عشر مسرحاً لها. والتى بلغت ذروتها باكتشاف الهندسات اللاإقليدية Non - Euclidean geometries من جهة، وإكتشاف نظرية المجموعات الكانتورية Cantorian set theory من جهة أخرى.

وينظرة سريعة إلى هذين الإكتشافين، يتضح لنا أن الازمة قد أصابت الرياضيات فى فرعيها الرئيسيين المعروفين آنذاك. أعنى الهندسة والحساب. فطبقاً لثنائية التعريف الشهيرة، لم تكن الرياضيات فى عُرف الفلاسفة سوى علماً للقياس measurement والترتيب order ، أو علماً للكم والمقدار. أو الكم المتصل (الهندسة) والكم المنفصل (الحساب) ^(١) .

(١) د . محمد ثابت القنذى : فلسفة الرياضة، ص ٢٤ .

وكما رأينا (ف١٣) كان إكتشاف الفيتاغوريين للعدد الأصم حائلاً دون تقدم علم الحساب وتطوره الى جبر وتحليل*، فتم رد الحساب إلى الهندسة. وتحت مقولة "الكلم المتصل" صنّف مفهوم الاتصال بإعتباره مفهوماً هندسياً يستلزم حساً مكانياً يُعبر عنه. وحتى حين إكتشف "ديكارت" هندسته التحليلية (ف٣٠) فردّ الهندسة إلى جبر، بقى مفهوم الاتصال حبيساً للخط المستقيم الديكارتي، بوصفه "دالة" ترسم خطأً منحنياً لاقجوات فيه. لكن هذه "الدالة" لم تكن هي الكلمة الأخيرة فى معنى الاتصال. ففي عام ١٨٢٠ تمكن الرياضى الفرنسى "اوغسطين كوشى" A. Cauchy (١٧٨٩-١٨٥٧) من إكتشاف دالة

* ثمة تفرقة تبغى الإشارة إليها بين علوم الحساب Arithmetic والجبر Algebra والتحليل Analysis. فالحساب يعنى بدراسة نظريات الأعداد الطبيعية (١، ٢، ٣، ...) والصحيحة integeres (....، -٣، -٢، -١، ٠، ١، ٢، ٣، ...) والنطقة rational (أى الكسور مثل ١/٢، ٤/٨، ...) أما الجبر فيعنى بإحلال الرموز والحروف محل الكميات المجهولة والمعلوم، والحصول على الأولى بالتعويض عن الثانية وفقاً لعلاقات رياضية محددة. ومنه "جبر النطق"، أى تطبيق الجبر على العلاقات المنطقية. أما التحليل فيعنى بدراسة نظريات الأعداد الحقيقية Real (وتشمل الأعداد السابق ذكرها بالإضافة إلى الأعداد الصماء أو اللانطقية مثل $\sqrt{2}$ والأعداد التخيلية (وهي جلدور الأعداد السالبة، وأبسطها $\sqrt{-1}$). وإنطلاقاً من هذه التفرقة يتضح معنى عبارة "تحسب التحليل" التي زاعت في النصف الثاني من القرن التاسع عشر، فهي تعنى إذن رد التحليل"، الذى كان خاضعاً لإعتبارات هندسية، إلى الحساب وحده. أو بالأحرى تعميم العدد الصحيح والإمتداد به إلى ميدان التحليل.

See Runes, (ed): dict. of philo., item "Analysis (mathematical), P.26 & item "Arithmetic (foundations of), PP. 38-39.

وأيضاً: المعجم الفلسفى، مادة "جبر"، ص ٥٩ & رسل أصول الرياضيات، ص ٣٠

١٠٨-١٠٧

منفصلة* على عكس ماتوحي به شهادة الحدس الهندسى، كما تمكن من توسيع أفق "نظرية الدوال" بأن وضع دالة أحد إحدائيهما عدد تخيلى Imaginary وأسماءها "الدالة التحليلية" Analytic function ، مما أدى إلى زعزعة يقين الحدس الهندسى للإتصال، وإلى عدم الثقة فيه أو الركون إليه فى علم التحليل. وفى عام ١٨٤٠ إكتشف الرياضى الألمانى "كير مبنراس" K. Weierstrass (١٨١٥-١٨٩٧) دالة متصلة ولكنها لا تقبل التفاضل، وكان الإتصال والتفاضل متلازمين إلى ذلك الحين. ومن جهة أخرى تمكن الرياضى الألمانى "ريمان" B. Riemann (١٨٢٦-١٨٦٦) عام ١٨٥٠ من إنشاء دالة منفصلة تقبل التكامل مع أن التكامل كان ملازماً للإتصال، فعمم بذلك نظرية "كوشى". وهكذا وجد الرياضيون أنفسهم أمام إكتشافات غريبة تبعث على القلق، ولكنها تفتح فى الوقت ذاته آفاقاً واسعة أمام التحليل. هذا فضلاً عن أنها أبرزت الحاجة إلى ضرورة إستقلال التحليل عن حدس

* الدالة المنفصلة هى تلك التى تفرض وجود انفصال أو فجوة فى الخط البيانى الممثل لها. خذ مثلاً "مكان ميلاد أصغر شخص يعيش فى زمن ز". هذه دالة لـ ز ، وقيمتها ثابتة من زمن ميلاد شخص إلى زمن ميلاد الشخص الذى يليه. أما إذا تغيرت قيمة الدالة فجأة من مكان الميلاد إلى مكان آخر ، فحينئذ تحدث فجوة فى قيمة الدالة ، وتصبح دالة منفصلة. والحق أنه على الرغم من أن الدوال المتصلة هى الأكثر شيوعاً، إلا أنها هى الإستثناء ، فمبدأ إكتشاف "كوشى" للدالة المنفصلة ، أصبح عدد الدوال المنفصلة أكثر بما لانهاية له من الدوال المتصلة.

أنظر : رسل : مقدمة للفلسفة الرياضية، ص ١١٨ وما بعدها.

الاتصال الهندسي ، ورده برمته إلى ميدان العدد الصحيح، فيما عُرف بحركة تحصيل الرياضيات^(٢).

وعلى الرغم من أن هذه الحركة كانت هي الأوسع تأثيراً على مفهوم الاتصال، إلا أنها في الحقيقة كانت صدى لحركة أخرى سبقتها، لكن ميدانها هذه المرة هو "الكَم المتصل" نفسه-أي الهندسة - حيث أدى البحث في بدهة إحدى مسملمات "إقليدس" إلى قيام هندسات عديدة لا إقليدية ، تختلف فيما تسلم به عما سبق وأقره إقليدس من مسملمات، ومع ذلك فإن قضاياها تمثل كلاً متسقاً داخلياً مع نفسه. ليس هذا فحسب بل إن بعض هذه الهندسات أصبح لا يمت إلى مفهوم الكَم - متصلاً كان أو منفصلاً - بأدنى صلة. وعلى هذا لم تعد الرياضيات تُعرّف كما كان من قبل على أساس موضوعها أو بأنها علم "الكَم المتصل والمنفصل، بل أصبح التعريف المعاصر لها يميل إلى تمييزها بمنهجها أكثر منه بمادة موضوعها. أما هذا المنهج فهو النمق الاستنباطي Deductive أو الأكسيوماتيكي Axiomatic المتحرر تماماً من حدس المكان^(٣).

تلك لمحة سريعة عما تعرض له مفهوم الاتصال من تطورات خلال القرن التاسع عشر، مما يثير لدينا عدداً من التساؤلات نمعى للإجابة عنها في نطاق هذا الفصل ، ويمكن أن نجعلها في النقاط التالية:-

(٢) د. محمد ثابت الفندي : المرجع السابق، ص ٩٢-٩٤ . وأيضاً : د. محمد عابد الجابري: تطور الفكر الرياضي والعقلانية المعاصرة (ج١)، ط٢، دار الطليعة للطباعة والنشر، بيروت، ١٩٨٢) ص ٨٧-٨٨ .

(3) Rues, OP. Cit, item "Mathematic", P205.

- ١- هل فقدت الدالة التفاضلية دلالتها الهندسية المعبرة عن إتصال الخط المستقيم الديكارتي؟. وبأى معنى نفهم هذا الاتصال ، بالأعداد الصحيحة وحدها؟ . وهل يعنى ذلك نجاح علماء التحليل فى رد الكم المتصل إلى الكم المنفصل، ومن ثم تجاوز الثغرة الفيناغورية التى ألقت بالتحليل فى أحضان الهندسة؟.
 - ٢- إذا كانت الهندسة قد تخلت عن تمثيلاتها المكانية القائمة على الوصف العينى للواقع، فما معيار الصدق إذن فى هذا العلم المرتبط فى أذهاننا بإتصال المكان؟. وهل يحتمل اليقين الرياضى تعددية هندسية متفاوتة المبادئ والقضايا؟.
 - ٣- إلى أى حد تمكن "كانتور" من تجاوز متناقضات الأعداد اللامتناهية؟. وهل يمكن إعتبار نظرية المجموعات" أساساً وحيداً للرياضيات لايتطرق إليه الشك؟.
 - ٤- هل نجح "فريجه" و "رسل" فى رد الرياضيات بأكملها الى أصول منطقية خالصة ، أم أن للحدس والأكسيوماتيك دور لا يمكن إغفاله فى علاج أزمة الأسس؟.
 - ٥- أخيراً، هل أصبح مفهوم الاتصال أكثر ثراءً بتحرره من حدس المكان ، بحيث يخلو تماماً من أية نقيضة منطقية أفرزتها الأبعاد الهندسية؟.
- لنستكمل إذن تفصيلات الأزمة الرياضية التى كان تصور الاتصال محوراً أساسياً لها، ولنبدأ أولاً بالهندسة .

أولاً: تطور الهندسة الحديثة .

١- هندسة إقليدس:

٤٣- إذا كنا بصدد الحديث عن الهندسة ، فلا بد وأن نبدأ بما دونه "إقليدس" فى كتابه "الأصول"، حيث تجلّى أول نسق هندسى إستبساطى أو أكسيوماتيكى عرفته الحضارة الإغسانية^(٤) وبه خطت الرياضيات أولى خطواتها نحو إعتلاء عرش اليقين، بكل ما لهذا اليقين من معانٍ ودلالات.

(٤) د. محمود فهمى زبدان : أزمة اليقين فى الرياضيات والمنطق ، ص ٨٥ .

• على الرغم من أن بدايات الهندسة ترتبط فى أذهاننا باسم "إقليدس" وكتابته "الأصول"، إلا أن تاريخها يعود بنا إلى ما قبل ذلك. وبالتحديد إلى الحضارة الفرعونية ، حين إبتكر المصرى القديم عدة طرائق رياضية تمينه على حل مشاكله اليومية، وإعادة تقويم مساحة أرضه بعد كل فيضان. وتلك هى نقطة البدء فى نشأة علم المساحة الذى هو علم الهندسة فى مرحلته التجريبية. وبهذا المعنى التجريبي فهم الإغريق القدامى علم الهندسة ، وإن كانوا قد إرتقوا بعد ذلك سلم التجريد العلى. وليس أدل على ذلك من أن كلمة Geometry (أى الهندسة) كلمة مشتقة من مقطعين يونانيين، وهما ge بمعنى أرض ، أو بالأحرى سطح الأرض، و Metrein بمعنى يقيس. ومن الواضح أنه عندما صيغت هذه الكلمة كان إعتماد الإغريق منصّباً على قياس الأرض. ومن ناحية أخرى إذا كان إقليدس هو أول من صاغ نسقاً أكسيوماتيكياً عرفه البشرية، إلا أن "أرسطو" قد سبقه فى وضع اسم هذا النسق، يتضح ذلك من كتابه "التحليلات الثانية" الذى تناول فيه البرهان الرياضى وصلته بالمنطق الصورى، فبين أن اليقين الذى تتنازع به قضايا الرياضيات ونظرياتنا، إنما يرجع بالضرورة إلى كونها علم إستباطى برهانى يستلزم لقيامه مجموعة من المبادئ الأولية هى التعريفات والديهيات والمسلمات. وهذا يعينه ما فعله إقليدس بعد ذلك مطبقاً هذا النسق على الهندسة. أنظر:

د. محمد ثابت القندى: المرجع السابق، ص ٣٠، ص ٤٣-٤٤.

وأيضاً جورج جاموف: بداية بلا نهاية (ترجمة محمد زاهر، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٩٠)، ص ٥٣.

وبه أيضاً أصبح النهج الرياضى هدفاً تتطلع إليه كل العلوم. يُعبر "ديكارت" عن ذلك فى "مقاله عن المنهج" فيقول: تلك السلاسل الطويلة من الحجج - وكلها بسيطة وسهلة - التى إعتاد أصحاب الهندسة الإستعانة بها للوصول إلى أصعب براهنهم، يسهل لى أن أتخيل أن كل الأشياء التى يمكن أن تقع فى متناول المعرفة الإنسانية تتابع على طريقة واحدة^(٥). وإذا كان هذا هو حال "ديكارت" - فيلسوف الدقة والوضوح - فليس من المستغرب أن يصف "كانط" هذا النسق الهندسى بأنه "المنهج الضرورى على الإطلاق"^(٦).

٤٤- و "الأكسيوماتيك" نظرية تعنى بصفة عامة "إختيار عدد من القضايا الأولية البسيطة كنقطة إبتداء، ثم نشرع فى إستنباط قضايا أخرى من تلك الأولى بمساعدة بعض التعريفات"^(٧). والأكسيوماتيك يعنى أيضاً إختيار مماثل للأنقاط، فما نبدأ به من "حدود"، نفترض أنها حدود أولية بسيطة، بها نعرف الحدود الأخرى التى يجرى إدخالها خلال تطور النسق^(٨).

وهكذا يبدأ "إقليدس" نسقه بتعريف الحدود الأساسية للهندسة، مثل "النقطة" و"الخط". كقوله مثلاً فى التعريف الأول: "النقطة ما ليس له أجزاء، أو ما ليس له بُعد". أو كقوله فى التعريف الثانى: "الخط طول لا عرض له". وكما

(٥) ديكارت: مقال عن المنهج ، ص ١٩٢.

(٦) كانط: مقدمة لكل ميتافيزيقا مقبلة يمكن أن تصير علماً (ترجمة د. نازلى إسماعيل حسين، مراجعة د. عبدالرحمن بدوى، دار الكتاب العربى للطباعة والنشر، القاهرة، ١٩٦٨)، فقرة ١٢، ص ص ٨٠-٨١.

(٧) أ. هـ. بيسون & د. ج. أوكونر: مقالة فى المنطق الرمضى، (ترجمة د. عبدالفتاح الديدى، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٨٧)، ص ١١١.

(8) Parsons, C.: Foundations of Mathematics, ed, in Ency. of philo. Vol(5), P. 190.

تلاحظ، لم يُحاول "إقليدس" أن يضع تعريفاً لكل الحدود التى يستخدمها فى بناء النسق. ففى التعريفين السابقين تعريف للنقطة والخط بينما الكلمات المستخدمة فى التعريفات نفسها مثل "أجزاء" و "طول" و "عرض" هى حدود لا معرفة يحتويها النسق الكليدي. وكلما حاولنا تقديم تعريف جديد نستخدم فيه الحدود السابق تعريفها بالإضافة إلى الحدود اللامعرفة^(٩).

ينتقل "إقليدس" بعد ذلك إلى المبادئ الأساسية للنسق، أو القضايا اللامبرهنة Unproved propositions. وهنا يميز بين نوعين من القضايا الأولية: المسلمات (أو المصادر) Postulates، والبديهيات Axioms.

وليس من فارق بينهما سوى فى درجة التعميم. فالبديهيات تختص بالمفاهيم العامة Common notions، أى تلك التى لاتتعلق بالنسق الهندسى وحده ولو أردنا الدقة تختص البديهيات بمفهوم "المقدار" Magnitude، كان نقول مثلاً أن "المساواة" Equality متعديّة Transitive (أى إذا كانت $a = b$ ، $b = c$ ، فإن $a = c$) ولا تتأثر بإضافة المتساويات (أى إذا كانت $a = b$ ، $b = c$ ، $d = c$ ، فإن $a + c = b + d$)^(١٠).

أما المسلمات فتختلف من نسق إلى آخر، وقد وضع إقليدس خمس مسلمات هندسية، وهى^(١١):-

- ١- يمكن مد خط مستقيم بين أى نقطتين.
- ٢- أى خط مستقيم متناه هو جزء من خط مستقيم لامتناه.

(٩) د. محمد محمد قاسم: نظريات النطق الرمضى، بحث فى الحساب التحليلي والمصطلح (دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٩١) ص ١٢٥.

(10) Van Fraassen: An introduction to the philosophy of Time and Space, Columbia University Press, N.Y, 1985, P.117.

(11) Lucas: A Treatise on Time and Space, Op. Cit, P.154.

٣- يمكن رسم دائرة بأى مركز وبأى قطر.

٤- كل الزوايا القائمة متساوية.

٥- إذا قطع خط مستقيم خطين مستقيمين آخرين بحيث يكون مجموع الزاويتين الداخلتين من جهة واحدة من القاطع أقل من قائمتين، فإن هذين الخطين يلتقيان إذا امتدّا من جهة هاتين الزاويتين.

ونلاحظ هنا أن "الخط" لا يعنى قطعة Segment متناهية، وإنما يعنى "خط مستقيم ممتد الى ما لا نهاية فى كلا الاتجاهين" (١١).

ومن جملة المقدمات السابقة (التعريفات والبيّهات والمصادرات) يشق بإلّيس مجموعه من القضايا المبرهنة أو " المبرهنات " theorems، يتم البرهنة على صحتها بإعتبارها مشتقة أو مستتبطة من الحدود والقضايا الأولية. وذلك من خلال ثمانى خطوات تبدأ بذكر منطق المبرهنة، ومروراً بالإستعانة بأشكال مرسومة، وإفترض صحة القضية.... وإنتهاءً بأعلان النتيجة (١٢).

ومن هذه المبرهنات تهمنّا فقط الإشارة إلى المبرهنة رقم ١٧ لأنها وراء أزمة الأسس التى إنطلقت شرراتها الأولى من المسلمة الخامسة، المعروفة بمسلمة التوازى the parallel.

نقول المبرهنة : " مجموع أى زاويتين فى المثلث أقل من قائمتين ".
وبإستخدام المسلمة الخامسة يمكن أن نضيف : " وإذا كان مجموع زاويتنا القاعدة فى شكل ثلاثى الأضلاع أقل من قائمتين، فلا بد وأن يكون هذا الشكل

(12) Runes , OP Cit ,item " geometry " , p. 228 .

(١٣) د. محمد لاسم : المرجع السابق ، ص ١٢٧ .

مثلاً". وهكذا يمكن أن نبرهن على أن مجموع زوايا المثلث مساو بالضبط لقائمتين⁽¹⁴⁾.

ولكن ألا يمكن أن يكون هذا المجموع أكثر أو أقل من قائمتين؟. هذا ما سيجب عنه أصحاب الهندسات اللاقليدية.

ب- هندسات إقليدية :

٤٥- المسلمة الخامسة لها تاريخ طويل وشيق. فعلى الرغم من أن إقليدس يصنفها ضمن مبادئ يفترض أنها واضحة بذاتها، إلا أنها بدت غير ذلك، إذ لما كانت نفترض أن الخطين المتوازيين لابد وأن يمتد إلى ما لا نهاية في كلا الاتجاهين، فإن نقطة التلاقي - لو كان مجموع الزاويتان الداخلتان أقل من قائمتين - قد تكون من البُعد بحيث تخرج عن نطاق الخبرة المباشرة.

ولا يمكن في هذه الحالة اللجوء إلى الأشكال المرسومة لإثبات المسلمة، لأن أية مساحة يمكن أن تحتويها الخبرة لابد وأن تكون صغيرة نسبياً. وبذلك تعجز هذه المسلمة عن أن تكون واضحة بذاتها كباقي المسلمات، ويجب بالتالي إقامة البرهان على صحتها.

وقد بُذلت بالطبع محاولات عديدة للرد على هذا الاعتراض، منها أن المسلمات الأخرى تستعصى على الخبرة بنفس الطريقة تماماً. ولو كان هذا الاعتراض صحيحاً فلم لانشك في إمتداد الخط المستقيم إلى ما لا نهاية كما تنص المسلمة الثانية، أو نشك في إمكانية رسم دوائر بأقطار لامتناهية في

(14) Van Fraassen , OP. Cit, p.120.

الكبر كما تنص المسلمة الثالثة ٢ . فهذه كلها إقتراضات تخرج عن نطاق الخبرة المباشرة^(١٥).

لكن هذا الرد رغم وجاهته لم يكن برهاناً مباشراً وثبت صحة المسلمة، فضلاً عن أنه يفتح باب الشك في باقى المسلمات، مما دفع البعض إلى محاولة إثبات صحة المسلمة باستخدام "برهان الخلف"، بمعنى أن استحالة إثبات بطلان تلك القضية يتضمن في ذاته صحتها. نذكر في هذا الصدد محاولة الرياضى العربى "نصير الدين الطوسى" (١٢٠١-١٢٧٣)، ومن بعده القس الإيطالى "جيرولامو ساكيرى" G.Saccheri (١٦٦٧-١٧٣٣).

وربما كان الأول مصدراً للثانى فى ذلك ، حيث تُرجم كتابه الأساسى "شكل القطاع" إلى عدة لغات، منها اللاتينية والإنجليزية والفرنسية، وبقي قروناً طويلة مرجعاً لعلماء أوروبا فيما يتعلق بعلم الهندسة^(١٦). ومجمل القول فى برهان "الطوسى" و"ساكيرى"، والمعروف بفرض الزاوية الحادة the acute-angle hypothesis ، أنه لايمكن رسم أكثر من مواز واحد لمستقيم معين من نقطة ما خارج هذا المستقيم، لأن ذلك لا يتسق وطبيعة الخط المستقيم ، بل ويتناقض مع باقى مسلمات إقليدس^(١٧).

(15) Ibid , pp. 118-119.

(١٦) أنظر قنرى حافظ طولان: العلوم عند العرب (ط ٢، دار إقرأ ، بيروت ، ١٩٨٢) ، ص ٢٢٢-٢٢٥ .

(17) Saccheri , G. : " Euclid cleansed of all blemich " , Trans by G.B.Halsted , Open Court, Chicago, 1920, proposition xxiii , p. 173 , Quoted by Van Fraassen, OP . Cit , p. 119.

وعلى الرغم من سلبية هذا البرهان، الذى يثبت فقط إستحالة نقوض
المسئلة، إلا أنه أتاح فرصة التوسع فى إختبار القروض المضادة لمسلّمات
إقليدس، مما كان إيذاناً بنشأة هندسات أخرى لا إقليدية.

٤٦- ومع بداية القرن التاسع عشر، شعر الرياضيون بأن الوقت قد حان
كى يتوقفوا عن محاولة البرهنة على صحة هذه المسئلة، وأن يحاولوا بدلا
من ذلك إقامة أنماق أخرى تستبدل فيها قضية أو أكثر بما يقابلها من قضايا
النسق الإقليدى . وكسدى لهذا الشعور سُمى الجزء الذى لايعتمد على
المسئلة الخامسة فى هندسة إقليدس بالهندسة المطلقة absolute
geometry.

هذا الجزء يتضمن الثمانى والعشرين مبرهنة الأولى، ويعتمد بالضرورة
على المسلمات الأربع الأولى فى النسق . وبإضافة المسئلة الخامسة تمتد
الهندسة المطلقة داخل نطاق الهندسة الإقليدية. أما إنكارها، وإثبات فرض
الزاوية الحادة، فيؤدى إلى ما أصبح يُسمى بالهندسة الزائدية hyperbolic
geometry . وتلك الأخيرة نجح فى تطويرها- بشكل مستقل- ثلاثة من
أكبر الرياضيين فى القرن التاسع عشر، وهم على الترتيب : الألمانى كارل
فردريش جاوس " K.F.Gauss (١٧٧٧-١٨٥٥) ، والمجرى " جونس
بوليائى " J.Bolyai (١٨٠٢-١٨٦٠)، والروسى " نيكولاى لوباتشفسكى "
N.lobachevsky (١٧٩٢-١٨٥٦) . ولئن كانت جهود الأخير هى الأكثر
شهرة فى هذا الصدد، فذلك لأنها كانت أول عرض منهجى منشور
(١٨٢٨) لهندسة لاإقليدية^(١٨).

(18) Ibid .

وما يميز هذه الهندسة، مخالفتها للنسق الإقليدي في القضايا التالية^(١٩):-

١- المكان سطحٌ مقعر، درجة الإنحناء به أقل من صفر. وذلك على عكس الفرض الإقليدي القائل بأن المكان سطح مستوٍ درجة الإنحناء به صفر.

٢- مجموع زوايا المثلث أقل من قائمتين.

٣- من نقطة ما خارج خط مستقيم يمكن رسم عدد لا متناه من المستقيمات الموازية له.

٤٧- وبعد مرور ما يقرب من رُبع قرن (١٨٥٤)، قدّم الرياضى الالماني " برنارد ريمان " هندسة أخرى، لا تخالف الهندسة الاقليدية فحسب، بل وتخالف أيضاً ما سبق أن سميناه بالهندسة المطلقة، بالإضافة إلى هندسة " لوبا تشفسكى ". هذه الهندسة الجديدة تُعرف بالهندسة الناقصية elliptical geometry أو بالهندسة الكروية spherical geometry ، وهى تُخالف الأنساق السابقة في القضايا التالية^(٢٠):-

١- المكان سطح كروى ، درجة الإنحناء به أكبر من الصفر.

٢- الخط المستقيم لا يمكن أن يمتد إلى ما لانهاية ، وإنما هو مُنته لأنه دائرى، وبذلك تسقط المسلمة الثانية في النسق الإقليدي المطلق.

٣- لا مستقيمات متوازية، فكل المستقيمات تتقاطع في نقطتين.

٤- مجموع زوايا المثلث يزيد على قائمتين.

ومن إختلاف قضايا الأنساق الثلاثة السابقة، نصل إلى نتيجة هامة تُؤيد بأن مسلمة التوازي مُستقلة منطقياً عن باقى مسلمات إقليدس، مما يتيح لنا

(19) Ibid , p 120.

(20) Ibid .

إمكانية إستبدال مسلمة أو أكثر بأخرى من أى نسق، فنحصل بذلك على هندسات جديدة متتابعة القضايا دون أن تقع فى التناقض . وهذا تغيير جوهري فى أسس الهندسة يقودنا إلى التساؤل عما إذا كان من الممكن إحداث مزيد من التغييرات بحيث نحصل على مزيد من الهندسات، ومع تطور البحث فى أسس الهندسة كان الرد بالإيجاب^(٢١) .

ج- هندسات القياسية Non - metrical geometries :

٤٨- لكى نفهم الهندسات الثلاث السابقة، لابد ولن نلاحظ أنها جميعاً تفترض مسبقاً تصور المكان. فهو إما أن يكون سطحاً مستوياً (إقليدس) ، أو سطحاً مقعراً (لويبا تشفسكى) ، أو سطحاً محدباً (ريمان) . وهذا يعنى أن أصحاب تلك الأساق قد نظروا إلى الأشكال الهندسية بوصفها أشكالاً متحركة فى المكان. هذه الحركة ضرورية لإشباع شرط القياس (قياس الزوايا والمسافات) . فلو نظرنا مثلاً إلى مفهوم " المساواة " ، وهو إحدى صور القياس، لوجدنا أنه يستلزم إنطباق شكل على آخر فى موضع ما، ومن ثم يصبح هذا التطابق congruence ممكناً فى أى موضع آخر. وكان الألماني "هيرمان فون هيلمهولتز" H.V. Helmholtz (١٨٢١-١٨٩٤) أول من صاغ هذا الافتراض فى العصر الحديث، مسمياً إياه "مبدأ الحركة الحرة" The Principle of freemobility، ووفقاً لهذا المبدأ تلتقى الهندسات الثلاث السابقة (الإقليدية والزاندية والناقصية) عند إسم واحد مشترك هو أنها "هندسات قياسية أو مترية"^(٢٢).

(٢١) د. محمد ثابت القندى : فلسفة الرياضة ، ص ٥٩ .

٤٩- ومع مزيد من البحث فى أسس الرياضيات نشأ مبحث جديد يُعرف بـ "ما وراء الرياضيات" *Meta Mathematics* ، ينصب الإهتمام فيه على دراسة خواص الأنساق الأكسيوماتيكية بإعتبارها أنساقاً صورية^(٢٣).

ووفقاً لصورية النسق، بدأ الهندسيون فى التخلّى التدريجى عن شرط القياس، فلو تخيلنا مثلاً عن مفهوم "التطابق"، حصلنا على هندسة جديدة تعرف بالهندسة الإسقاطية *Projective geometry* ^(٢٤).

فى هذه الهندسة على عكس ما سبقها، لا تؤخذ فكرة "المساواة" فى قياس الأشكال، وإنما تؤخذ فقط فكرة "التكافؤ" *Equivalence* بينها، إذ يكفى أن ننقل من شكل إلى آخر بالتحويل الإسقاطى *Projective transformation*. أى أن يكون أحد الشكلين هو المنظر المُسقط للآخر دون مساواة بينهما. وعلى هذا فإن شكلاً ما يمكن أن يكافئ أو يناظر آخر فى الهندسة الإسقاطية مهما اختلف فى حجمه ومساحته وأطواله. ^(٢٥)

٥٠- ولا شك أننا فى الهندسة الإسقاطية لا نتخلّى تماماً عن شرط القياس حيث لازال من الضرورى إجراء القياس لتمييز الخطوط المستقيمة مثلاً عن المنحنيات *Curves* . فإذا ما سقط مفهوم الخط *Line*، وهو المفهوم القياسى الأخير الذى احتفظت به الهندسة الإسقاطية، وجدنا أنفسنا أمام واحدة من أهم الهندسات وأكثرها إثارة وصعوبة، ألا وهى هندسة الوضع *Geometry of Situation* أو التوبولوجيا *Topology* .

(23) Ibid, P-121.

(24) Lucas : A Treatise on Time and Space, P-157.

(٢٥) د. محمد ثابت القندى : فلسفة الرياضة ، ص ٦٠.

والتوبولوجيا هندسة تعنى بالكيف فقط دون الكم، فلسنا هنا بحاجة إلى مفاهيم كالخط أو المسافة أو المساواة أو التعامد Perpendicularity وما إلى ذلك، ولكننا نقول أن شكلين أو أكثر يتعادلان إذا كانت لهما نفس السمة التوبولوجية Topological feature ، ونعني بالسمة التوبولوجية لشكل ما ، تلك التي تبقى رغم إجراء تشويهات متصلة لهذا الشكل (كالتمدد والإلتواء والضغط . . . الخ) بشرط ألا يؤدي ذلك إلى تمزيق الشكل^(٢٦).

فإذا قلنا مثلاً أن السمة التوبولوجية للبالون من المطاط هي أنه سطح مغلق، فإن هذه السمة تبقى كما هي رغم كل ما يمكن أن نجريه من تشويهات متصلة على سطح هذا البالون، عن طريق شده أو الضغط عليه أو بأي طريقة نريدها، ما عدا قطعه أو تمزيقه، وفي هذه الحالة يمكن أن نقول أن البالون يعادل الكرة أو البيضة ، أو حتى ثمرة من ثمار الفاكهة، لأنها جميعاً تشترك في سمة توبولوجية واحدة هي كونها سطوحاً مغلقة، ولكنه لا يُعادل مثلاً عجلة السيارة لأنها مفرغة من الوسط^(٢٧).

ولا شك أن هذا التصور مخالف تماماً لتصور الهندسات السابقة عن العلاقات بين الأبعاد الخطية والمساحات المسطحة وأحجام الأجسام الهندسية، لأن هذه العلاقات تختل مادياً إذا ما طرقتنا مكعباً مثلاً وحولناه إلى منشور متوازي الأضلاع أو ضغطنا على كرة وحولناها إلى قرص مستدير^(٢٨).

٥١- أمامنا إذن عدد من الهندسات المختلفة، القياسية وغير القياسية، كل منها له خواصه ومميزاته ومجال استخدامه. وطالما إستبعدنا فكرة واقعية

(26) Van Frassen, Op. Cit, P-59.

(٢٧) جورج هاموف: بداية بلا نهاية ، ص ٥٤.

(٢٨) نفس الموضع.

المكان، فمن الممكن بتحويلات مناسبة للمسلمات أو البديهيات، أن نحصل على عدد لا متناه من الأنساق الهندسية الممكنة منطقياً. وهنا نصل إلى سؤال هام : كيف نتمكن من ترتيب هذه الأنساق ؟ . وبعبارة أخرى : أى هذه الأنساق أسبق من غيره، أو أساسى أكثر من غيره؟؟

ولكى نُجيب عن هذا السؤال لابد وأن نعود إلى الرياضى الألماني "فيلكس كلاين" Felix Klein (١٨٤٩-١٩٢٥) الذى كان أول من قدم إقتراحاً بهذا الشأن عام ١٨٧٢ .

كان إقتراح "كلاين" هو أن كل هندسة (هـ) تتميز بعائلة وحيدة من التحويلات (ت)، وتعامل مع ما للأشكال الهندسية من خواص وعلاقات لا تتغير بتلك التحويلات.

على سبيل المثال : لو كان لدينا مثلثاً مطاطياً، وغيرناه تماماً عن طريق الشد، فإن أية خاصية للمثلث يتم تغييرها بهذه العملية، لن يكون من الممكن معالجتها بالهندسة الإقليدية، وإن كان هذا ممكناً فى التوبولوجيا، أما إذا غيرنا لون المثلث من أبيض إلى أسود، أو غيرنا مادته من مطاط إلى معدن، فلن يؤثر هذا التحويل على الهندسة الإقليدية. وكبدأ عام "يمكن أن نصِف الهندسة (هـ-١) بأنها أساسية أكثر من الهندسة (هـ-٢)، إذا كانت العائلة (ت-١) هى جزء أصلى من (ت-٢) (٢٩).

(29) OP- Cit , pp. 122-23. And see for more detail :

-Blumenthal , L. M : A modern view of geometry , free man , San Francisco , 1961.

- Meserve , B.E : Fundamental concepts of geometry, Reading Press , Mass, 1955.

٥٢- يمكننا الآن أن نصل إلى إستنتاج عام يُفيد بأن كل نسق هندسى -
 تقليدى أو لا إقليدى - هو فى ذاته صحيح. فإن بدأنا بتعريفات ومبادئ
 ومسلمات إقليدس، جاءت مبرهنات النسق من تلك المقدمات، ومن ثم فهو
 صحيح. وإن بدأنا بفروض "لوباتشفسكى"، جاءت مبرهناته صحيحة، وبالمثل
 مع أى نسق آخر. (٣٠).

ولا يعنى ذلك إنتفاء معايير الحكم على الأنساق الهندسية المختلفة،
 فلكى تكون تلك الأنساق صحيحة، لابد من إستبعاد شروط ثلاثة أصغر عليها
 إقليدس، وهى (٣١) :-

- ١- أن تكون المبادئ واضحة بذاتها.
 - ٢- أن يودى إنكارها إلى التناقض.
 - ٣- أن تكون قضايا النسق صادقة على الواقع.
- بالنسبة للشرط الأول، رأينا أن المسلمة الخامسة، وإن كانت واضحة
 بذاتها لإقليدس نفسه، إلا أنها لم تكن كذلك لمن جاءوا بعده. ومن ثم فالوضوح
 أمر إنسانى فردى. قد يكون واضحاً لى ما ليس واضحاً لك، وقد يكون
 واضحاً لعصر ما كان غامضاً فى عصر مضى، ولا صلة للأكسيوماتيك
 بموضوعات أو رؤى فردية. وفيما يتعلق بالشرط الثانى رأينا كذلك أن إنكار
 المسلمة الخامسة لم يود إلى وقوع فى التناقض، بل أدى على العكس من ذلك
 إلى نشأة أنساق أخرى لا تقل فى منطقيتها عن نسق إقليدس، طالما أن
 مبرهناتها تتفق مع ما سبق أن إقرضته من مبادئ.

(٣٠) د . محمود فهمى زيدان : أزمة اليقين فى الرياضيات و المنطق، ص ٨٨ .

(٣١) نفس الموضع .

أما الشرط الأخير، وهو افتراض صدق القضايا على الواقع، فأجدرها جميعاً بالإستبعاد، خاصة بعد أن تطوّر البحث فى بنية الأساق الأكيوسماتيكية، لتصبح الهندسة علماً بتلك الخواص الهندسية الممكنة عقلاً فحسب، لا علماً بخواص الموجودات القائمة بالفعل فى عالم الواقع. وعلى هذا، فليس لنسق دون آخر أن يدعى إحتوائه لخواص المكان الحقيقى أو الفعلى كما كان الأمر عند الرياضيين فى تصوّره لهندسة إقليدس^(٣٢). ولأخذ مثلاً على ذلك الفرض الأساسى الذى يقوم عليه النسق الإقليدى، وهو أن المكان سطح مستو. هذا الفرض خاطئ وفساد. خاطئ لأن وقائع الفيزياء المعاصرة تكذبه، وفساد لأن الهندسة - كفرع من الرياضيات البحثية - لاصلة لها بصدق أو كذب واقعى.

لقد كان المكان سطحاً مستوياً حتى فيزياء "نيوتن"، ومن ثم افترض نيوتن أنه إذا خرج شعاعان متوازيان من مصدر ضوئى عبر الفضاء، فإنهما لن يلتقيا مهما امتدا. ولكن رأى "آينشتين" أن المكان الفيزيائى ليس إقليدياً، ومن المحتمل أن يكون "رسمائياً"، أى سطحاً كروياً، وقال إن شعاعى الضوء المتوازيان يلتقيان فى النهاية. لم يبرهن آينشتين على هذا الفرض، ولكنه رأى أن الوقائع الفيزيائية والفلكية تميل إلى تأكيده. ولا يعنى ذلك أن النسق الإقليدى غير صحيح، ولكننا نقول أنه صحيح كنسق صورى محض، لا أن يدعى أنه صادق على الواقع^(٣٣). وقد عبر الفيلسوف والرياضى الإنجليزى "ألفريد نورث وايتهد" Whitehead (١٨٦١-١٩٤٧) عن هذا فقال: "كانت هندسة إقليدس تُعد فى وقت من الأوقات وصفاً دقيقاً للعالم الخارجى، ولكن العالم

(٣٢) د. محمد ثابت القندى: فلسفة الرياضة، ص ٦٢.

(٣٣) د. محمود فهمى زيدان: المرجع السابق، ص ٨٨-٨٩.

الوحيد الذى يصح أن تكون وصفاً دقيقاً له هو عالم هندسة إقليدس
فحسب^(٣٤).

خلاصة هذا، أن مسألة الحقيقة التى يمكن أن ننسبها إلى قضايا
هندسة ما أصبحت تعنى فقط "عدم تناقض" تلك القضايا فيما بينها، ولا تعنى
إطلاقاً المعنى القديم للحقيقة، وهو مطابقة القضايا للواقع أو المكان
الخارجي^(٣٥). وكما يقول آينشتين: " على قدر تعلق قوانين الرياضيات بالواقع
فإنها لا تكون مؤكدة، وعلى قدر تأكدها فإنها لا تكون متعلقة بالواقع "^(٣٦).

ثانياً: تحسيب التحليل وتعميم العدد.

أ- أزمة الأسس من الهندسة إلى التحليل:-

٥٣- مع بداية النصف الثانى من القرن التاسع عشر، كان لابد لأزمة الأسس
أن تنعكس بآثارها التجريدية على ميدان التحليل. لا سيما وأن الهندسة ذاتها -
وهى الممثل الوحيد لمفهوم الاتصال حتى ذلك الحين - قد تخلت تماماً عن
أى اعتبارات مكانية، وانتقلت بأنساقها من مرحلة الوصف العينى للعالم،
القائم على الأشكال الهندسية، إلى مرحلة الصياغة الصورية القائمة على
علاقات منطقية خالصة. وكان من الطبيعي إزاء ذلك أن يجمع التحليليون
على حجب الثقة عن الإمتداد الهندسى كأساس لعلمهم، خاصة بعد إكتشاف

(٣٤) نقلًا عن د. على عبد المحلى محمد : وابتعد، فلسفته وميتافيزيقاه (دار المعرفة الجامعية،
الإسكندرية، ١٩٨٠)، ص ٦٢.

(٣٥) د. محمد سالم الفندى : المرجع السابق، ص ٦٣.

(٣٦) ألبرت آينشتين : أفكار وآراء (مجموعة مقالات مجمعة، ترجمة د. رمسيس شحاتة، الهيئة
المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٦)، ص ٢٥.

الذوال المنفصلة والتحليلية (ف ٤٢)، وإن يولوا وجوههم شطر الأسس والأصول المدنية لعلم الحساب بغرض تنقيتها من أية روابط هندسية، والامتداد بها إلى التحليل كقاعدة تقنية تحل محل الخط المستقيم الديكارتي. وإذا كانت الأعداد الصحيحة، كما يقول الفيلسوف الفرنسي ليون برنشفيج^(٣٧) L.Brunschvige (١٨٦٩-١٩٤٤)، بمنأى عن أى غموض وأى شك، فمن الواضح أن إتمام هذه الخطوة من شأنه أن يرد إلى التحليل إعتباره، وأن يمنحه وضوحاً ونقاءً ويقيناً مستمداً من يقين تلك الأعداد، الأمر الذى حدا بعلماء التحليل إلى بدء مسيرة الإصلاح الميثودولوجى، وفى أذهانهم هدف واحد مشترك هو تحصيل التحليل، أى رده بأكمله إلى الأعداد الصحيحة الموجبة، بعملياتها الحسابية المعروفة^(٣٨).

٥٤- لكن هذا الهدف رغم وضوحه وأهميته، لم يكن سهل التحقيق، حيث كان على التحليليين أن يبدلوا من حيث إنتهى فيثاغورث وأتباعه. أعنى أن يعودوا إلى أزمة الرياضيات الأولى، حين ولقت الأعداد الصماء كحجر عثرة حالت دون تعميم الأعداد الصحيحة. وأدت بالتالى إلى تبعية التحليل للهندسة.

فإذا أضفنا لذلك متناقضات الأعداد اللامتناهية، فضلاً عن إكتشاف الأعداد التخيلية والمركبة، وجدنا أنفسنا أمام عدة مشكلات أو بالأحرى عدة أخطاءٍ ميثودولوجية توارثها التحليليون عبر قرونٍ طويلة، لتتراكم أمامهم الآن فى إنتظار الحل الكامل والشامل طالما أرادوا لعلمهم الوضوح واليقين. ويمكن أن نحصر هذه الأخطاء فى النقاط الثلاث التالية^(٣٨):-

(٣٧) د. محمد ثابت الفندى : المرجع السابق ، ص ٩٧.

(38) Russell , B : “ logic and Knowledge “ , (Essays 1901- 1950) , Ed. by R.C.March , Unwin Hyman limited , london , 1988 , P.369.

١- لم يكن هناك تعريف يمكن الدفاع عنه للأعداد الصماء والتخيلية، ومن ثم لم يكن هناك أساس للإفترض القائل بأن موضع أية نقطة في مكان يمكن أن يحدد بثلاثة إحداثيات عديدة Numerical co-ordinates.

٢- لم يكن هناك تعريف للإتصال، ولا منهجاً للتعامل مع مفارقات الأعداد اللامتناهية.

٣- لم يكن هناك أساس منطقي لمفهوم العدد ذاته.

ومن خلال تلك النقاط تتضح أمامنا المراحل المختلفة التي مر بها التحليل في سبيل الخروج من أزمتة: فهناك أولاً مرحلة ترويض الأعداد الصماء والتخيلية، وإخضاعها للأعداد الصحيحة. وهناك ثانياً مرحلة تذليل الصعوبات الناجمة عن تخيل الأعداد اللامتناهية، وردها بدورها إلى الأعداد الصحيحة أيضاً. وبإتجاز هاتين المرحلتين يكون التحليل قد رُدّ بكامله إلى الحساب، ولكن تبقى مرحلة أخيرة وأهم، تتمثل في وضع تعريف منطقي للعدد، يمكن به رد الحساب، ومن ثم الرياضيات برمتها، إلى المنطق. أو - على حد تعبير "رسل"- إلى الصيغة المنطقية "ق يلزم عنها ك"، حيث "ق"، "ك" قضيتان تشتملان على متغير واحد، أو على جملة متغيرات هي بذاتها في القضيتين، ولا تشتملان على ثوابت غير الثوابت المنطقية^(٣٩).

(٣٩) رسل: أصول الرياضيات، ج١، ص ٣٩.

* تُصرف هذه الصيغة في المنطق بعلاقة اللزوم Implication، التي تُصير عنها قضية شرطية متصلة آداتها (إذا ... إذن ...). وقد تمحس لها "رسل" عند إصداره لكتابه الضخم "أصول الرياضيات" (١٩٠٣)، كتعريف وحيد للقضايا الرياضية، التي لا تقرر - كما رأى في ذلك الحين سوى لزوم لحسب. ولكنه عاد في مقدمة الطبعة الثانية لنفس الكتاب (١٩٣٨) ليقرر أنه لابد من إجراء تعديلات متعددة على هذا التعريف، ذلك أن الصورة (ق \supset ك) ليست إلا صورة من صور منطقية كثيرة يمكن أن تتخذها القضايا الرياضية. =

نقول أن هذه المرحلة هي أهم مراحل الإصلاح على الإطلاق لأنها تنتقل بمفهوم العدد من كونه لغة شينية تصف أشياء في ذاتها ولذاتها، إلى كونه لغة رمزية تتفق رمزية الكلام، وتتم عن قانون بنائي واضح ومحدد. وهكذا يقدد العدد كل أسرار الفيتاغورية المتصلة بكونيته الوجودية ويغدو مجرد شفرة Code نصلح عليها بالتحريف المنطقي^١. ولن يفهم معناها إلا من ألم بمفاتيحها السرية ألا وهي قواعد ونظريات المنطق الرمزي^(١٠).

= وبعبارة أخرى، ليس اللزوم سوى واحداً من جُملة دوال الصدق Truth functions (دالة التناقض ~، دالة الوصل، دالة الفصل V، دالة اللزوم C، دالة التكافؤ \equiv) التي تضمنتها نظرية "حساب القضايا"، ومن ثم فهو ليس أكثر أهمية من غيره. ويؤرر رسل هذا التحليل بأن دوال القضايا لم تكن قد عُرفت بعد، ولم تكن مألوفة عند المناطقة والرياضيين.

انظر: رسل: أصول الرياضيات، ج ١، ص ٨٠.

وأيضاً: د. محمد محمد قاسم: نظريات المنطق الرمزي، الفصل الثاني، ص ٣٩-٧٠.

"يعني بالتحريف المنطقي Logical definition "تحديد معنى ثوابت أو حدود بالإستناد إلى حدود أولية يتم التسليم بها مسبقاً في النسق". وفي محاولته رد الحساب إلى أصول منطقية، والتي تعد الأولى من نوعها خلال أزمة الأسس، صاغ الرياضي الألماني "جوتلوب فريجه" G. Frege (١٨٤٨-١٩٢٥) -في كتابه "القوانين الأساسية لعلم الحساب" بجزيه الأول (١٨٩٣) والثاني (١٩٠٣) - مجموعة من القواعد والشروط الخاصة بإقامة التعريفات، وهي:

- ١- أن نحوى الحدود المستعملة في التعريف على أسماء ذات معنى واضح ومحدد.
- ٢- ألا تُعرف الحد أو الرمز بأكثر من تعريف متعاً للعموض، وبذلك تحقق ما أطلق عليه "فريجه" مبدأ غاية الكمال. Principle of completeness.
- ٣- ألا يحوى التعبير المعرف على رموز عديدة حتى لا تضطر لأن تضع تعريفاً لكل رمز على حدة. وبذلك تحقق مبدأ آخر يسميه "فريجه" "مبدأ البساطة". Principle of simplicity.
- ٤- أن تتجنب الوقوع في التور، بمعنى ألا نذكر في التعريف نفس الاسم المعرف من جديد.

ولا يعنى ذلك أن المنطق قد إستأثر بالرياضيات كإمتداد مباشر له، بل لقد كان فى الحقيقة توجهاً لإحدى نزعات ثلاث تقاسمت البحث فى أسس الرياضيات منذ بداية هذا القرن، وهى: النزعة الحدسية، والنزعة الأكسيوماتيكية، والنزعة المنطقية. ولكل منها كما سنرى تصورها الخاص لمنابع اليقين، ومن ثم لحل أزمة الأسس فى الرياضيات. فلنتابع إذن مرحلتى تحسيب التحليل، على أن نتبع ذلك بموجز للأفكار الرئيسية للنزعات الثلاث السابقة.

ب- ترويض الأعداد السماء والتقليدية :-

٥٥- على الرغم مما نشعر به فى عصرنا الحاضر من ألفة تجاه الأعداد السماء أو اللامنتهية، إلا أن إكتشافها كما نعرف كان مُدمراً للصرح الرياضى القيثاغورى القائم على الأعداد الصحيحة، بوصفها تعبيراً عن طبيعة الأشياء فى ذاتها ولذاتها. فالعدد الأصم، وفقاً لطبيعته، لا يمكن تعريفه كعدد متناهٍ من الأعداد الصحيحة، بل يحتاج دائماً إلى سلسلة لامتناهية من هذه الأعداد، شأنه شأن العدد الدائر* . ولاشك أن هذه الورطة المنطقية التى وقع

= أنظر : د. محمد محمد قاسم : "جوتلوب فريجه"، نظرية الأعداد بين الإستعمولوجيا والأنطولوجيا، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ص ص ٥٦-٥٧. وأيضاً : د. محمد محمد قاسم: نظريات المنطق الرمضى، ص ص ١٥٥-٥٦.

(40) Davies, Paul: "Super force", The search for a ground unified theory of nature, Simon & Schuster, Inc., N. Y, 1985, P-50.

* من المعروف أن العدد الدائر هو الكسر الإعتيادى مثل $\frac{3}{1}$ حينما نضعه على هيئة كسر عشري ($٠,٣$) بحيث أن عمليات القسمة لا تنتهى، وأن رقماً أو أكثر من خارج القسمة يتكرر على نحو مستمر. فالكسر $\frac{3}{1}$ مثلاً = ٥٥ ٣٣٣ ، وقد إصطلح على أن =

فيها فيثاغورث وأصحابه، إنما ترجع بالضرورة إلى نظرتهم الشبئية للأعداد، وإلى عدم قدرتهم على التحول من الأساس الأتولوجي إلى الأساس المنهجي المحض للعدد^(٤١).

ومع ذلك، لم يقف الفيثاغوريون مكتوفى الأيدي تماماً أمام تلك الورطة، بل حاولوا الخروج منها بطرق شتى، لعل أجدرها بالذكر محاولتهم وضع جداول حسابية للأعداد المصماء، تحوى علاقات أو نسب بين الأعداد الصحيحة فحسب. فهي جداول تعطى مثلاً أقرب سلسلتين من الأعداد الصحيحة لعدد أصم مُعين، إحداهما أقرب سلسلة إليه بالنقصان والأخرى أقرب سلسلة إليه بالزيادة، فيقع العدد الأصم بينهما. وتلك هى البذرة الأولى لفكرة تعميم العدد الصحيح^(٤٧).

لكنهم كما رأينا، لم يتابعوا الطريق إلى نهايته، فخلصوا إلى عجز علم الحساب عن إحتواء الأعداد الصماء، وفضلوا عليه الأبعاد الهندسية الممثلة لاتصال الصلاسل اللامتناهية لتلك الأعداد.

= يكتب على الصورة ٠,٣'، وتقرأ ٠,٣ دالر. ومن الواضح أنه يشبه تماماً العدد الأصم مثل جلد
٢ الذي يساوى ∞..... ١,٤١٤ حيث من المستحيل إيجاد كسر يكون مربعه مساوياً تماماً
للعدد (٢) فكل ما يمكن أن نصل إليه هو كسور تقرب بنا من هذا العدد، ولكن دون بلوغه تماماً
من ذلك مثلاً الكسر ١٧/١٢ الذى مرعته ٢٨٩ / ٤٤ وهو يقرب كثيراً من ٤٤/٢٨٨ أى من
العدد (٢). وبإمكاننا أن نقرب أكثر وأكثر من العدد (٢) بإستعمال كسور تتألف من أعداد أكبر
من ١٧ ، ١٢ ، ولكننا لن نبلغ لفظ العدد (٢) بتمامه.

(41) Cassirer, Ernst: the problem of knowledge, Trans by W. H. Woglom & W. Hendel, Yale University Press, New Haven, 1950, P-68.

(٤٢) د. محمد ثابت القندي: *فلسفة الرياضة*، ص ١٠٦.

ومع بداية أزمة التحليل الحديثة، إتجه الرياضيون إلى إحياء المحاولة الفيثاغورية الأولى لتحصيب التحليل، وذلك إنطلاقاً من فكرة رئيسية هي أن الأعداد الطبيعية تُكوّن متوالية، وإلى هذا المتوالية يمكن رد الأعداد بأنواعها المختلفة شيئاً فشيئاً وفق قواعد صورية متناسقة تخضع لها تلك الأعداد^(٤٣). ولنبدأ معهم بالأعداد الصحيحة الموجبة والسالبة.

٥٦- نأخذ أولاً الأعداد الصحيحة الموجبة (٠، ١، ٢، ٣، ... ∞) التي بها نُحدد عمليات الجمع Addition والضرب Multiplication. هذه الأعداد كما نرى مرتبة بعلاقة ليس أكبر من" (وسوف نرمز لهذه العلاقة بالرمز \prec ، وللشرط إذا وإذا فقط" بالرمز \Leftrightarrow). وهكذا:

$$0 \prec 1 \quad \& \quad 1 \prec 2 \quad \& \quad 2 \prec 3 \quad \& \quad \dots \text{إلى آخره}^{(٤٤)}.$$

ومن الواضح من الوهلة الأولى أن العدد الصحيح الموجب، المسبوق بعلامة (+) يجب أن يختلف عن العدد الصحيح السالب، المسبوق بعلامة (-)، فالعدد ١+ مثلاً هو عكس العدد -١، والتعريف الواضح والكافي هو أن ١+ هو علاقة ن ١ مع ن، أما ١- فعلاقة ن مع ن+^(٤٥) وكما هو شائع، لو مثلنا للأعداد الصحيحة الموجبة والسالبة بنقاط متراسة على خط مستقيم، لقلنا أن الأعداد الموجبة تأتي على يمين الصفر، أما الأعداد السالبة فتأتي

(٤٣) رسل: أصول الرياضيات، ج٣، ص ١٠٨.

(44) Runes (ed):, dict-of philos, item : "Number", P-231.

(٤٥) رسل: مقدمة للفلسفة الرياضية، ص ٧١.

على يساره. وكلاهما مُمتد إلى مالا نهاية، بحيث أن كل عدد موجب على اليمين يناظر عدداً سالباً على اليسار.

٥٧- وبهذه المتوالية من الأعداد الصحيحة بشقيها، يمكن أن نمثّل إلى ميدان الأعداد المنطقة (أى الكسور أو النسب) الموجبة والسالبة على حد سواء. ونبدأ كما سبق بالشق الموجب منها فنقول أن الكسر $\frac{ا}{ب}$ هو تلك العلاقة التى تقوم بين زوج من الأعداد الصحيحة أ، ب (حيث ب لاتساوى صفر) وتخضع للشروط التالية^(٤٦):-

$$(١) \quad ١ = \frac{١}{١} .$$

$$(٢) \quad \frac{ا}{ب} = \frac{ا}{ب} \Leftrightarrow ا.ب = ا.ب .$$

$$(٣) \quad \frac{ا}{ب} < \frac{ا}{ب} \Leftrightarrow ا.ب < ا.ب .$$

$$(٤) \quad \frac{(ا.ب + ا.ب)}{ب.ب} = \frac{ا}{ب} + \frac{ا}{ب} .$$

$$(٥) \quad \frac{ا}{ب} = \left(\frac{ا}{ب} \right) \left(\frac{١}{ب} \right) .$$

أما الأعداد المنطقة السالبة، فهى أيضاً تعميم لمتوالية الأعداد الصحيحة المعروفة سابقاً. فإذا كانت س ، ص ، ن متغيرات من نسق الأعداد المنطقة

(46) Loc. Cit .

الموجبة، فإنها تتناظر على التوالي - س، - ص، - ن. وهكذا ينتج أمامنا نسق كامل من الأعداد الموجبة والسالبة، تمثل له بما يلي^(٤٧):

$$(١) \quad -س = -ص \Leftrightarrow س = ص.$$

$$(٢) \quad -س = ص \Leftrightarrow س = صفر \& ص = صفر.$$

$$(٣) \quad -س \neq -ص \Leftrightarrow ص \neq س.$$

$$(٤) \quad -س \neq ص.$$

$$(٥) \quad ص \neq -ص \Leftrightarrow س = صفر \& ص = صفر.$$

$$(٦) \quad -س + ص = ص + -س = إما (ن) عندما س + ن = ص \& \\ وإما (-ن) عندما ص + ن = س$$

$$(٧) \quad -س + -ص = - (س + ص).$$

$$(٨) \quad (-س) = ص = ص (-س) = - (س ص).$$

$$(٩) \quad (-س) (-ص) = س ص.$$

وكما نلاحظ فإن التعريف يقتصر على عمليتي الجمع والضرب، لكن ذلك ليس إلا على سبيل الاختصار، حيث يمكن إدخال عمليتي الطرح

(47) Ibid.

Subtraction والقسمة Division عن طريق عكس عمليتي الجمع والضرب السابق تعريفهما^(٤٨).

٥٨- ومن السهل أن نرى أنه لا يوجد حدان متعاقبان في متسلسلة الأعداد المنطقية، ولكن توجد فيها دائماً حدود أخرى بين أي حدين. ولما كانت هناك حدود أخرى بين هذه الحدود الأخرى، وهكذا إلى ما لا نهاية، فمن الواضح أنه يوجد عدد لا نهاية له من النسب بين أي نسبتين مهما قل الفرق بينهما^(٤٩). على سبيل المثال، لا يوجد كسر يُعد تالياً للعدد $\frac{2}{1}$ ، وإذا إختارنا كسراً ما يكون أكبر قليلاً جداً من $\frac{2}{1}$ ، وليكن $\frac{100}{51}$ ، فإننا يمكن أن نجد كسور أخرى، مثل $\frac{200}{101}$ ، تكون أقرب من الكسر المختار سابقاً. وهكذا يمكن أن نحصل على كسور جديدة دائماً باستخراج الوسط الحسابي بين أي كسرين إختارهما^(٥٠).

وإذا كنا قد عرفنا الاتصال من قبل، بأنه عدم وجود حدود متعاقبة في أية متسلسلة تامة الترتيب (ف ٧)، إلا أن هذا التعريف يمثل أدنى رتبة من رتب الاتصال، حيث قال كل من "ديدكند" J. W. R. Dedekind (١٨٣١-١٩١٦) و "كانتور" - كما سنرى - بتعريفين آخرين من رتبة أعلى، ولذا نحفظ بكلمة الاتصال للمعنى الذي خلعه عليها. أما متسلسلة النسب، فنقول أن لها خاصية أخرى تُسمى بـ "الإلتحامية" Compactness، أو بأنها "متسلسلة ملتحمة" Compact series^(٥١).

(48) Ibid .

(٤٩) رسل: المرجع السابق، ص ٧٣.

(50) Russell : Our knowledge of the external world, Op-Cit, P-138.

(51) Ibid.

٥٩- ونصل الآن إلى إمتداد أكثر أهمية لفكرة الحد، وهو الإمتداد إلى ما يُسمى بالأعداد الحقيقية Real numbers ، التي تشمل الأعداد الصماء أو اللامنتهية إلى جانب الأعداد السابقة. وهنا نجد أنفسنا أمام نظريتين لتعريف الأعداد الصماء: الأولى نظرية الحد Limit الذى تقف عنده السلسلة اللامتناهية لأعداد صماء. والثانية نظرية القطع Cut بين مجموعتين لامتناهيتين من تلك الأعداد.

وفكرة "الحد" من وضع الرياضى الفرنسى "كوشى"، ويعنى بها: تلك القيمة الثابتة المعروفة مسبقاً، والتي تقترب منها قيم متتالية لمتغير ما إقترباً شديداً، بحيث يكون الفرق بين أقصى قيمة لتلك المتغير وبين القيمة الثابتة أقل بما لا نهاية له فى الصغر". وعلى هذا يُعرف "كوشى" العدد الأصم بأنه الحد لتلك الكسور المختلفة التى تمدها بقيم تقترب شيئاً فشيئاً من هذا الحد^(٥٦).

ولكن يرجع الفضل فى تعميم الإستخدام الرياضى لفكر الحد إلى الرياضى الفرنسى "تشارلز ميراي" Charles Meray (١٨٣٥-١٩١١). الذى يطلق لفظ "المتغير" Variant على متسلسلة لامتناهية من الأعداد المنطقية a_1, a_2, a_3, \dots ، أن ∞ . فإذا كانت هذه المتوالية عند أن أقل من عدد منطوق ما هو "ع"، مهما يكن هذا الأخير صغيراً، فإننا نقول أن ذلك المتغير "متجمع" Convergent عند الحد ع. وإذا لم يكن للمتغير المتجمع حد، فيجب أن نضع له حداً نموذجياً Ideal limit نسميه الكم الأصم. فالعدد الأصم إذن هو حدٌ نموذجى يتجمع فيه متغير ما^(٥٧).

(٥٦) د. محمد ثابت الفندى: الفلسفة الرياضية، ص ١٠٨.

(٥٧) نفس الموضع.

وسوف يعتمد "كانتور" على هذه الفكرة في تعريفه للاتصال، على اعتبار أن كل عدد منطوق، مهما كان صغيراً، يمثل حداً أو نهاية، علياً أو دنياً، لمتسلسلة لامتناهية محتواة في متسلسلة الأعداد الحقيقية.

٦٠- أما نظرية القطع، فهي من وضع الرياضى الألمانى "ديدكند"، وموداها أننا يمكن أن نقطع أو نفصل متسلسلة الأعداد المنطقه بطرق مختلفة إلى فئتين، بحيث تكون جميع الحدود فى إحدى الفئتين أصغر من جميع الحدود فى الفئة الأخرى. أما ما يحدث عند نقطة القطع، فهناك أربعة احتمالات^(٥١):-

١- قد تكون هناك نهاية عظمى للمقطع الأول ونهاية صغرى للمقطع الثانى. ومثال ذلك أية متسلسلة فيها حدود متعاقبة، حيث يجب أن ينتهى المقطع الأول بعدد ما (ن)، ثم يبدأ المقطع الثانى بالعدد ن + ١.

٢- قد تكون هناك نهاية عظمى للمقطع الأول، ولا تكون هناك نهاية صغرى للثانى. ومثال هذه الحالة أن يحتوى المقطع الأول على جميع النسب إلى الواحد الصحيح، بما فى ذلك الواحد نفسه، أما المقطع الثانى فيحوى جميع النسب الأكبر من الواحد.

٣- قد لا تكون هناك نهاية عظمى للأول، ولكن هناك نهاية صغرى للثانى، وذلك حين يحوى المقطع الأول جميع النسب الأصغر من الواحد، والمقطع الثانى جميع النسب بدايةً من الواحد الصحيح.

٤- وقد لا تكون هناك نهاية عظمى للأول ولا نهاية صغرى للثانى، ومثال ذلك أن نضع فى المقطع الأول جميع النسب التى مربعاتها أصغر من ٢، وفى المقطع الثانى جميع النسب التى مربعاتها أكبر من ٢.

(٥٤) رسل: مقننة للفلسفة الرياضية، ص ٧٧.

ونستطيع أن نهمل الحالات الثلاث الأولى، لأن نقطة القطع فيها جميعاً يُعطيها عدد منطوق، أى أن كل مقطع له نهاية منطوقة، أو بالأحرى نطاق Boundary أعلى أو أدنى بحسب الحالة. أما فى الحالة الرابعة فأمامنا فى نقطة القطع فجوة Gab. فلا المقطع الأول ولا الثانى له نهاية أو حد أخير. وقد نقول فى هذه الحالة أننا نحصل على "مقطع لامنتطق". وهنا يضع "ديدكند" المسلمة المعروفة بإسمه Dedekind's Postulate والقائلة بأن كل الفجوات ينبغي أن تُملأ: أى أن كل مقطع ينبغي أن يكون له نطاق^(٥٥). ولاشك أن ما نملأه هذه الفجوة هو رمز "عددى جديد يُعبر عن عدد أصم. ولهذا تُسمى كل متسلسلة تحقق المسلمة المذكورة - أى تخلو من الفجوات - بأنها "متسلسلة ديدكنية"^(٥٦). وما نخلص إليه مما سبق أن العدد الأصم أو اللامنطق هو قطعة فى متسلسلة النسب ليس لها نطاق. فالعدد ٢ مثلاً هو القطعة المكونة من جميع النسب التى مربعاتها أقل من ٢. أما العدد الحقيقى المنطق فهو قطعة فى متسلسلة النسب لها نطاق. ومن ثم فالعدد الحقيقى ١ هو فئة الكسور بداية من الصفر وحتى الواحد الصحيح. وأما الأعداد الحقيقية على الإجمال (منطقة ولا منطقة) فهى قطع فى متسلسلة النسب بترتيب مقدارها^(٥٧).

وليس من الصعب تعريف الجمع والضرب للأعداد الحقيقية بالطريقة التى مارسناها من قبل. فإذا علم عدنان حقيقيان م، ن، وكل منهما كلما رأينا يمثل فئة من النسب، فإن المجموع الحسابى لهما هو فئة المجاميع الحسابية لحدودهما على الترتيب. أما حاصل الضرب الحسابى لهما فهو فئة النسب

(٥٥) نفس المرجع، ص ٨٠.

(٥٦) نفس الموضوع.

(٥٧) نفس المرجع، ص ٨١.

الناتجة عن ضرب حدود الفئة الأولى في حدود الفئة الثانية على الترتيب أيضاً^(٥٨).

ومن الواضح أن متسلسلة الأعداد الحقيقية هي متسلسلة ديدكنية، وهي في نفس الوقت تحقق الشروط الواجب توافرها لتحقيق الاتصال وفقاً لديدكند. فهي أولاً ملتزمة، أي أن فيها حد بين أي حدين معلومين. وهي ثانياً خالية من الفجوات. وهكذا يمكن أن نصل إلى تعريف "ديدكند" للاتصال فنقول أن للمتسلسلة "إتصال ديدكني" إذا كانت ديدكنية وملتزمة^(٥٩).

٦١- ونخطو الآن خطوة أوسع على طريق التحسب فنصل إلى الأعداد التخيلية Imaginary numbers. والعدد التخيلي كما ذكرنا هو الجذر التربيعي لعدد سالب، وأبسط مثال له جذر المعادلة $x^2 + 1 = 0$ حيث $x = \sqrt{-1}$ وكما نرى فإن هذا العدد لا معنى له، لأنه بخلاف جذور الأعداد الموجبة، لا يمكن التعبير عنه بأعداد صحيحة أو منطقية. فنحن نقول مثلاً $\sqrt{9} = 3$ ، لأن $3 \times 3 = 9$. و $\sqrt{-5} = 2,236000$ ، لأن $(2,236000)^2 = 5$ تقريباً، $\sqrt{7,3} = 2,702000$ ، لأن ضرب هذا العدد في نفسه يساوي ٧,٣ تقريباً

أما $\sqrt{-1}$ فلا يعنى شيئاً، لأنه لا يوجد عدد يكون حاصل ضربه في نفسه مساوياً لـ -١ لا على نحو دقيق ولا على نحو تقريبي. ومن ثم فهو كم مستحيل أو تخيلي لا يخضع لأي اعتبارات حسابية معروفة^(٦٠).

(٥٨) نفس المرجع، ص ٨٢.

(٥٩) نفس المرجع، ص ١١٢.

(٦٠) أنظر جورج جاموف: بداية بلا نهاية، ص ٤٢-٤٣.

وبنظرة تاريخية نجد أن أول من استخدم صيغة رياضية تحتوى على جذر تربيعي لعدد سالب هو الفيلسوف والرياضي الإيطالي "جيرولامو كاردان" G. Cardan (١٥٠١-١٥٧٦). وذلك حين سئل عما إذا كان من الممكن تحليل العدد ١٠ إلى مقدارين حاصل ضربهما ٤٠= . فأشار إلى إمكانية ذلك بشرط أن نستخدم الكمين المستحيلين: $(\sqrt{10} + 5)$ و $(\sqrt{10} - 5)$ وأجرى برهانه على النحو التالي^(٦١) :-

$$\text{أولاً : } 10 = 5 + 5 = (\sqrt{10} - 5) + (\sqrt{10} + 5) .$$

$$\text{ثانياً : } \sqrt{10} \cdot 5 + (5 \times 5) = (\sqrt{10} - 5) \times (\sqrt{10} + 5)$$

$$5 - (\sqrt{10} \times \sqrt{10}) = (5 \times 5) - (5 - 5)$$

$$- 40 = 10 + 20 =$$

ولا شك أن استخدام "كاردان" للكم المستحيل هو استخدام خاطئ منطقياً، بل ويبدو بلا معنى، إلا أن ذلك لايعنى إبتفاء الحاجة إليه. فسرعان ما أصبح استخدام الأعداد التخيلية واقعاً لا مفر منه، سواء في الرياضيات أو في الفيزياء. يُعبر عن ذلك الرياضي الفرنسي "هادامار" J. Hadamard (١٨٦٥-١٩٦٣) فيقول "أن أقرب بعد بين نقطتين واقعيتين في العالم الواقعي غالباً ما يمر بعدد تخيلي"^(٦٢). ولعل أشهر تطبيق فيزيائي نعرفه لهذه

(٦١) نفس المرجع ، حاشية ص ٤٣.

(٦٢) نقلاً عن د. محمد ثابت الفندي : فلسفة الرياضة، ص ٩٥.

الأعداد ما نراه في معضلة القرن العشرين، وهي توحيد الزمان والمكان في إطار نظرية النسبية لأينشتاين.

وإذا كنا بحاجة إلى الأعداد التخيلية حتى تكون عملية إستخراج الجذور وحل المعادلات ممكنة دائماً، إلا أن مجرد الحاجة - كما يقول رسل - لاتخلق تعميمات للعدد، ولكن التعريف هو الذى يخلقها^(١٣). الأمر الذى يفرض علينا أن نرتقى درجة أخرى على سلم التجريد حتى نضمن لهذا التعريف خواصه المنطقية المطلوبة. فلنرجع إذن إلى علماء التحليل لنرى كيف يمكن تعيين تلك الأعداد على نحو يُرر قبولها وإستخدامها.

٦٢- يقول علماء التحليل أن عائلة الأعداد التخيلية تمثل إنعكاساً للأعداد الحقيقية أو الإعتيادية على مرآة خيالية.

وينفس الطريقة التى يمكن بها للمرء أن يرتب كافة الأعداد الحقيقية بداية من الواحد الصحيح، يمكنه أيضاً أن يرتب الأعداد التخيلية مبتدئاً بالوحدة الأولى منها وهى $\sqrt{-1}$ ، والتى أصطلح على أن يُرمز لها بالحرف (ت) ومن السهل أن نرى

$$\text{أن } \sqrt{-9} = \sqrt{-1} \times \sqrt{9} = 3 \times \sqrt{-1} \text{ ت}$$

$$\text{وأن } \sqrt{-49} = \sqrt{-1} \times \sqrt{49} = 7 \times \sqrt{-1} \text{ ت.}$$

وهكذا نجد أن لكل عدد إعتيادى قريناً فى الأعداد التخيلية. ويمكن لنا أيضاً أن نُقرن بين الأعداد الإعتيادية والتخيلية فى صيغة واحدة مثل $\sqrt{10} + 5$ = - ٥ + ١٥ ت ،

(٦٣) رسل: مقدمة للفلسفة الرياضية، ص ٨٣.

تماماً كما فعل "كاردان" لأول مرة وتعرف هذه الأرقام الموهجة بالأعداد المركبة complex numbers ، وتأخذ الصورة الرمزية (س + ص ت) ، حيث س، ص عددين حقيقيين (١٤).

يمكن إذن أن نعرف الأعداد المركبة بأنها أزواج لها ترتيب من الأعداد الحقيقية، نستخدم على أن نجرى عليها عمليتي الجمع والضرب وفق القواعد التالية التي نسلّم بها تسليماً (١٥) :-

$$١- \text{الجمع: } (س + ص ت) + (س + ص ت) = (س + ص ت) + (س + ص ت) + ص ت.$$

$$٢- \text{الضرب: } (س + ص ت) (س + ص ت) = (س + ص ت) + ص ت + ص ت + ص ت.$$

ومن خلال تعريف العدد المركب س + ص ت يتضح لنا أنه لو كانت

$$ص = ٠ \text{ فإن } (س + ص ت) = [س + (٠ \times ت)] = س.$$

$$\text{أما لو كانت } ص = ١ ، س = ٠$$

$$\text{فإن } (س + ص ت) = [٠ + (١ \times ت)] = ت$$

$$\text{ومن ثم فإن } (س + ص ت)^٢ = ت^٢ = ١ -$$

وهكذا يمكن أن يكون العدد التخيلي إمتداداً لفكرة العدد الصحيح. ويبقى أماناً أن نمثد بهذا الأخير إلى ميدان الأعداد اللامتناهية.

(١٤) جورج جاموف : المرجع السابق، ص ٤٤.

(١٥) رسل : المرجع السابق، ص ٨٤.

ج- الأعداد اللامتناهية ونظرية المجموعات* :

٦٣- منذ أن وضع "رينون الإيلس" في القرن الخامس قبل الميلاد حُججه القوية ضد الحركة (ف ١٨-٢١) ، مستنداً في ذلك إلى ما تتطوى عليه الأعداد اللامتناهية من مفارقات ، وهذه الأعداد موضع جدل صاخب بين الرياضيين والفلاسفة. فالحد اللامتناهي - كما بدا منذ ذلك الحين بجسد تناقضاً ذاتياً ، إذ كيف يكون عدداً ، ويخضع في نفس الوقت لما تخضع له الأعداد المعروفة من عمليات وعلامات حسابية؟. وكان علينا ، كما ذكرنا (ف ٢٢) أن نتنظر قروناً طويلة حتى يمكن فهم طبيعة هذا العدد. وبعبارة أخرى، لم يكن من الممكن أن تتضح فكرة اللامتناهي لتصاغ في أعداد وعملياتها إلا بعد أن نضج الفكر الرياضي في القرن الماضي لتُقبل الأعداد الصحيحة وحدها كأساس للتحليل^(٦٦). وأول ما يجب أن نتوقف عنده ونحن بصدد المعالجة الحسابية لفكرة اللامتناهي: "نظرية المجموعات" ، تلك التي وضعها وطورها الرياضي الألماني "جورج كانتور" في الفترة ما بين عامي ١٨٧٤ ، ١٨٩٧^(٦٧).

* يستخدم البعض مصطلح "نظرية الجامع" للدلالة على نفس النظرية، ولكن الأصح أن نقول "نظرية المجموعات" ، لأن كلمة "جامع" هي جمع لكلمة مجموع Sum ، أما كلمة "مجموعات" فجمع لكلمة "مجموعة" Set وهي بعينها التي يقصدها "كانتور".
(٦٦) د. محمد ثابت الفندي : فلسفة الرياضة ، ص ١١٢.

(67) Fraenkel, A. A : Set Theory, In Encyclopedia of Philosophy, Vol(7), P-420.

وعلى الرغم من أن ظهور هذه النظرية لم يكن مرتبطاً بعملية "التحسيب" التي تناقشها الآن*، إلا أنها جاءت تدعياً للمذهب الحسابي والمنطقي من جهتين بارزتين، الأولى تأكيداً لنزعة تأسيس الرياضيات بأكملها، بما فيها الهندسة، على أساس الأعداد الطبيعية. وقد تمثل إسهامها البارز في هذا الشأن في معالجتها لمتسلسلات النقاط أو الأعداد اللامتناهية التي حيرت الرياضيين طويلاً^(١٨). والثانية كونها نقطة إلتقاء واضحة بين المنطق والرياضيات، حيث تعتمد الدعوى التي دافع عنها "فريجه" ومن بعده "رسل" و"وايتهد" بإمكان رد الرياضيات إلى المنطق، على اعتبار أن نظرية المجموعات جزء لا يتجزأ من المنطق^(١٩).

٦٤- وبصفة عامة تختص نظرية المجموعات بالتأليف combination بين الأعداد في مجموعات وفقاً لعلاقات ثابتة ومحددة. يستوى في ذلك أن تكون تلك الأعداد أصلية cardinal (١، ٢، ٣، ...) أو مرتبة ordinal

* تنحصر العوامل التي أدت إلى ظهور نظرية المجموعات في نقطتين رئيسيتين: الأولى مناقشة الرياضي النمساوي "برنارد بولزانو" خلال عامي ١٨٤٧، ١٨٤٨ لمشكلة الأعداد اللامتناهية وتبنيها لما تنطوي عليه من خواص شاذة وعلاقات غير مألوفة. والثانية ما ظهر في نظرية الدوال الحقيقية Real functions من صعوبات حين لوحظ أن بعض الدوال تقبل التحليل مهما كانت قيم المتغير، وأن بعضها الآخر لا يقبل التحليل إلا إذا كان المتغير عدداً صحيحاً. مما كان يستلزم معالجة قيم الدوال، لا كقيم منفردة ولكن كمجموعة. أيضاً لعبت نظرية "ديدكند" في العدد دوراً هاماً في التطور السريع للنظرية.

See, Fraenkel: OP-Cit, P-420.

(٦٨) د. محمد ثابت القندى: المرجع السابق، ص ١١١.

(٦٩) إير: المسائل الرئيسية في الفلسفة، ص ٢٢٤.

(أول، ثان، ثالث، ...)، متناهية finite أو لا متناهية Infinite ، فكل قسم منها خواصه ونظرياته المميزة والمخالفة^(٧٠).

وكما اقترح "كانتور" عام ١٨٩٥ يمكن أن نعرف المجموعة Set بأنها "حشد من الموضوعات المحددة Determind والمتميزة distinct، والمرتبطة فيما بينها بخاصية ما مشتركة تفصلها عن غيرها^(٧١).

هذه الموضوعات تسمى أعضاء Members (أو عناصر Elements) للمجموعة. وهي كما نلاحظ تخضع لشروط "التحديد" و "التمييز" و "الإشتراك" في خاصية واحدة. أما شرط التحديد فنحنى به أن يكون إلتواء العضو إلى المجموعة إلتواء واضحاً لا لبس فيه. وأما شرط التمييز فيعنى أن أى عضوين متتابعين لابد وأن يكونا مختلفين. بمعنى ألا يتكرر نفس العضو مرتين في نفس المجموعة^(٧٢). وأما شرط الإشتراك فى خاصية ما فاصلة، فهو ذلك الذى يفصل به مجموعة من دارسى الفلسفة عن أخرى من دارسى الطب، أو ثالثة من دارسى الرياضيات إلخ. فكل مجموعة خاصة ما مشتركة تجمع بين أعضاءها، بحيث يمكن تمييز هذه المجموعة عن أية مجموعة أخرى. وبهذا الشرط الأخير نصل إلى ما يُسميه "كانتور" بمبدأ التجريد اللامحدود The unlimited abstraction principle ، والذى يقرر من خلاله أننا يمكن أن نولف مجموعة من كل العناصر التى تشترك فى خاصية ما مُعطاة تميزها عن غيرها^(٧٣).

(٧٠) د. محمد ثابت القندى : المرجع السابق ص ١١٤ .

(71) Fraenkel: OP-Cit, P-420

(72) Ibid.

(73) Raymond, M. S. : Continuum problem, in Encyclopedia of philosophy, Vol(2), P-209.

٦٥- ومن الطبيعي أن تبدأ نظرية المجموعات بعلاقة أولية تربط بين المجموعة وأعضائها. هذه العلاقة تُسمى علاقة العضوية Membership relation ، ويرمز لها كانتور بالرمز (\in) . على سبيل المثال، عندما نكتب الصيغة $a \in B$ فإننا نقروها "أ عضو في المجموعة ب" ، أو "العنصر أ ينتمي إلى المجموعة ب" وهكذا ^(٧٤).

ويرى كانتور "ليشاً أن 'وجود' المجموعة لسبق من عدد أعضائها: فقد تكون المجموعة مؤلفة من عدد لا متناه من الأعضاء، كما هو الحال في مجموعة كل الأعداد الطبيعية، وقد تكون مؤلفة من عضوين، أو من عضو واحد فقط، بل وقد تخلو تماماً من الأعضاء فنسميها حينئذ بالمجموعة الفارغة The empty set ^(٧٥).

وهذه الأخيرة نرمز لها بالرمز Φ ، ومثالها مجموعة الدائرة المربعة، أو الحصان المجنح، إذ أن هذه أشياء لا وجود لها، أما في حالة الأعداد فنقول أنها مجموعة صفرية Null-set ^(٧٦).

ومن ناحية أخرى، يمكن أن نجزي مجموعة ما إلى عدة أجزاء، في كل جزء منها عضو واحد أو أكثر من عضو، وحينئذ نسمى هذه الأجزاء بالمجموعات الفرعية Subsets ونعبر عنها بالرمز \subseteq .

(74) Loc-Cit.

(75) Ibid, P-421.

وأيضاً: د. محمد عابد الجابري: تطور الفكر الرياضي ، ص ٩٠.
(٧٦) أنظر د. محمد محمد قاسم: نظريات المنطق الرمزي، ص ٣٠٢.

فإذا كان $A \subseteq B$ فمعنى ذلك أن "A مجموعة فرعية محتواة في المجموعة B" أو أن كل عنصر في المجموعة A هو أيضاً عنصراً في المجموعة B^(٧٧).

أما عن الطريقة التي نتمكن بها من معرفة عدد العناصر في مجموعة ما، أو نقارن بها بين مجموعتين من حيث عدد العناصر التي تشتمل عليها كل منهما، فيقرر لها "كانتور" علاقة "التكافؤ" Equivalence. وفحوى هذه العلاقة أننا يمكن أن نقول عن المجموعتين A، B مثلاً أنهما "متكافئتان" أو "متشابهتان" Similar أو أن لهما نفس القوة، إذا كان من الممكن وضع عناصر المجموعة A في تناظر correspondence واحد بواحد مع عناصر المجموعة B. (على سبيل المثال، كما توضع أصابع اليد اليمنى في تناظر واحد مع عناصر اليد اليسرى)^(٧٨). وقد اقترح "كانتور" هذه العلاقة كوسيلة فعالة لتحديد الأعداد الكبيرة أو اللامتناهية، التي لا يتيسر معها إجراء العد counting وأقرب مثال لها حين نقول أن عدد الرجال الأحياء في

(77) Fraenkel : OP-Cit, P-421.

" يمكن تعريف علاقة واحد بواحد كما يلي : إذا كان الحد (س) له هذه العلاقة مع الحد (ص)، وكان (س) مختلفاً عن (ص)، وكذلك (ص) عن (س)، فإن (س) لا تكون له هذه العلاقة مع (ص)، ولا (س) مع (ص). (رسل : أصول الرياضيات ، جـ ٣ ، ص ١٤٥). ومن الضروري أن نلاحظ أن علاقة التكافؤ تختلف وفقاً لكانتور عن علاقة التساوي Equality (=)، فالمساواة عنده تعنى " الهوية " ، أو أن كل عنصر في مجموعة الأولى هو أيضاً عنصراً في المجموعة الثانية.

See Fraenkel ,loc-cit

(78) Raymond : Op-Cit, P-207.

مجتمع جميع الرجال والنساء فيه متزوجون، ولا يسمح بتعدد الزوجات، هو نفسه عدد النساء الأحياء^(٧٩).

تلك بإيجاز شديد أهم المفاهيم الأساسية التى تقوم عليها نظرية المجموعات وهى تكفى لتوضيح ما يعنى هنا، أعنى خواص الأعداد اللامتناهية من جهة، وتعريف "كانتور" للاتصال من جهة أخرى.

٦٦- تنقسم الأعداد فى نظرية المجموعات كما ذكرنا (ف ٦٤) - إلى أعداد أصلية، وأخرى مرتبة. ولكل قسم منها أعدادته المتناهية واللامتناهية. ويرمز "كانتور" لأول الأعداد الأصلية اللامتناهية بحرف الألف العبرى مع وضع صفر بجانبه، وسنكتب بدلاً منه حرف الألف فى العربية (هكذا أ.)، وهذا العدد هو أقل الأعداد اللامتناهية، التى تسمى أيضاً بالأصليات المتصاعدة Transfinite cardinals، وهو فى نفس الوقت العدد الأصلى لمجموعة كل الأعداد الصحيحة الموجبة (أو السالبة)^(٨٠).

(٧٩) رسل: أصول الرياضيات، ج ٢، ص ١٠.

(80) Schlegel, R: The problem of infinite matter in stady-state cosmology, In philosophy of science journal, St., catherine Press, Belgium, Vol 37, Nr(1), January, 1965, P-22.

* فى الإصطلاح الخاص بنظرية المجموعات، نقول أن المجموعة (ب) معدودة (countable) \aleph_0 إذا كانت متكافئة مع المجموعة (أ)، والعكس صحيح، أى أن إنطاء علامة denumerable تكون عناصر المجموعة (ب) أعلى من عناصر (أ)، يعنى أن المجموعة (ب) غير معدودة Non-denumerable وعلى هذا فالمجموعة (أ) هى مجموعة لامتناهية معدودة، ومجموعة الأعداد النقطية هى مجموعة لامتناهية معدودة، وجميع التسلسلات المملودة لها عين العدد الأصلى (أ).

See: Raymond: OP-Cit, P-20 & see also: Fraenkel: OP-Cit, P-421.

وقد إنتهى "كانتور" من خلال دراسته لهذا العدد (١) إلى أن الأعداد اللامتناهية تختلف عن الأعداد المتناهية المألوفة في خاصيتين : الأولى أن الأعداد اللامتناهية (منعكسة) Reflexive أما الأعداد المتناهية فلا منعكسة والثانية أن الأعداد اللامتناهية (لا إستقرائية) Non-inductive ، أما الأعداد المتناهية فإستقرائية^(٨). ولنبحث ذلك بشئ من التفصيل.

١- **الانعكاسية Reflexiveness** : بصفة عامة يقال لعنصر ما أنه منعكس عندما يزداد بإضافة ١ إليه. ويتبع ذلك في الحال أن أي عدد متناه يمكن أن يضاف إلى عدد منعكس دون زيادة في هذا الأخير^(٨٦). هذه الخاصية كما أظهر "كانتور" تنطبق على الأعداد اللامتناهية دون سواها. بحيث أن أي مجموعة لامتناهية من الموضوعات ، يمكن أن نضيف إليها أو نساب منها أي عدد متناه دون زيادة أو نقصان في عدد المجموعة. وقد يتضح ذلك ببعض الأمثلة:

تخيل كل الأعداد الطبيعية ٠، ١، ٢، ٣، ٤٠٠٠ مكتوبة في صف ، وتحثها مباشرة نكتب نفس الأعداد مع إهمال الصفر:

00 000 6 00 000 6 7 6 7 1 0

$$\infty, \dots, 1 + \frac{1}{n}, \dots, \frac{1}{n}, \frac{1}{n^2}, \frac{1}{n^3}, \dots$$

فعلى الرغم من أن المجموعة الثانية نقلت عن المجموعة الأولى بحد واحد هو الصفر، إلا أننا يمكن أن نسير في إقامة علاقة واحد بواحد بين

(81) Russell : Our knowledge .. , P-194.

(82) Ibid.

حدود المجموعتين إلى ما لا نهاية. الأمر الذي يعنى أن المجموعتين متكافئتان، أو أن لهما نفس عدد الحدود^(٨٣).

مثال آخر: نكتب فى الصف الأول مجموعة الأعداد الطبيعية ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٨ ، ٠٠٠ وفى الصف الثانى مجموعة الأعداد الزوجية ٢ ، ٤ ، ٦ ، ٨ ، ٠٠٠ ولنتنظر فى عدد حدود المجموعتين :

١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٠٠٠ ∞

٢ ، ٤ ، ٦ ، ٨ ، ٠٠٠ ، ٠٠٠ ∞

من الواضح أيضاً أن مجموعة الأعداد الطبيعية وهى لانهائية، تتناظر مجموعة الأعداد الزوجية ، وهى لانهائية العدد أيضاً. ومن ثم فالمجموعة الأولى تكافئ المجموعة الثانية. وقد يبدو ذلك بالطبع تناقضاً، ذلك أن الثانية ليست إلا مجموعة فرعية من الأولى، ولكن علينا أن نتذكر أننا نتعامل مع الأعداد اللامتناهية، ولا مفر لنا من أن نعد أنفسنا لمواجهة خواص شاذة^(٨٤).

ونخلص من ذلك إلى أن هناك أنواعاً مختلفة من اللانهائيات المتكافئة ، كمجموعات الأعداد الطبيعية ، والفردية ، والزوجية ، والكميرية ، ٠٠٠ الخ، وبما أن بعض هذه المجموعات هى مجموعات فرعية لمجموعات أخرى ، فيمكن القول تبعاً لذلك أن الجزء هنا يساوى الكل^(٨٥). وليس فى ذلك تناقضاً أكثر من قولنا أن الناس فى الجهة المقابلة من الأرض لا يقتلون رؤسهم لأسفل^(٨٦).

(83) Ibid .

(٨٤) جورج جاموف : بداية بلا نهاية ، ص ٢٦ .

(٨٥) د. محمد عابد الجابرى : تطور الفكر الرياضى ، ص ٩٢ .

(86) Russell : OP .Cit ,P194 .

٢- الإستقرائية Non-inductiveness :

الخاصية الثانية التي تتميز بها الأعداد اللامتناهية عن غيرها هي كونها " لإستقرائية ". ولكي نفهم هذه الخاصية لابد وأن نحدد أولاً ما نعنيه " بالإستقراء الرياضي " mathematical induction ، ولكي نعرف هذا الأخير لابد وأن نشرح ما نعنيه بقولنا أن الأعداد المتناهية هي "أعداد وراثية hereditary".

وكلمة " الوراثة " هنا تحمل معناها العادي ، الذي هو توارث الصفات المكتسبة. فإذا كان ن من الناس يُدعى "أحمد" فإن كل سلالته من جهة خط الذكور سوف يحملون لقب "أحمد" ، لأن هذه خاصية وراثية ^(٨٧) . وبالمثل يمكن أن نقول لخاصية ما أنها "وراثية" في متسلسلة الأعداد الطبيعية ، إذا كانت كلما إنتمت إلى عدد ن ، إنتمت أيضاً إلى العدد الذي يليه ن+١ ^(٨٨) ومن السهل أن نلاحظ أن خاصية الوراثة تنتمي لكل الأعداد المتناهية الأكبر من عدد ما مُعطى له هذه الخاصية، ولا تنتمي إلى ما هو أصغر من هذا العدد فإذا كانت هذه الخاصية تنتمي إلى العدد ٩٩ ، فهي تنتمي أيضاً إلى العدد ١٠٠ وما بعده، ولكنها لا تنتمي إلى العدد ٩٨ وما قبله. تماماً كما أن لقب "أحمد" ينتمي إلى كل أنسال "أحمد" الذكور ، ولكنه لا ينتمي إلى كل أسلافهم قبله ^(٨٩). ومن الواضح على أية حال أن أية خاصية وراثية تنتمي إلى "أدم" ، لابد وأن تنتمي أيضاً إلى كل الرجال ، كما أن أية خاصية وراثية

(87) Ibid, P.200.

(٨٨) رسل : مقدمة للفلسفة الرياضية، ص ٢٦.

(89) OP-Cit, P201.

تنتمى إلى "الصفر" يجب أن تنتمى بالمثل إلى كل الأعداد المنتهية بترتيب مقدارها (٩٠).

وعلى هذا يمكن أن نضع تعريفاً للإستقراء الرياضى فنقول أن الخاصية تكون "إستقرائية"، عندما تكون خاصية وراثية تنتمى إلى الصفر (٩١).

لكن الأعداد اللامنتهية ليس لها هذه الخاصية ، ذلك أن أول الأعداد اللامنتهية (٠) ليس له سلف مباشر . فلا يوجد عددٌ ما منتهى يمكن أن نصفه بأنه أكبر الأعداد المنتهية، بحيث يأتى بعده مباشرةً أصغر الأعداد اللامنتهية. ومن ثم فالأعداد اللامنتهية "لا إستقرائية" وهو تعبير مكافئ لقولنا أنها أعداد منعكسة (٩٢).

وما دمنّا قد فهمنا طبيعة الأعداد اللامنتهية، فليس من المستغرب إذن ألا نجدى معها العمليات الحسابية المألوفة، ولا يجب أن ننزعج إذا علمنا أن:

$$٠ + ١ = ١$$

$$٠ \times ١ = ٠ \quad \text{حيث ن أى عدد إستقرائى.}$$

$$٠ \times ١ = ٠$$

فتلك هى خواص الأعداد اللامنتهية التى يجب أن نعتادها كما إعتدنا عمليات الجمع والضرب للأعداد الإستقرائية.

٦٧- ومن أهم الأعداد الأصلية المتصاعدة خلاف ٠ ، العدد ١ ، أو قوة المتصل "Power of continuum كما يسميه كانتور".

(90) Ibid.

(٩١) رسل : المرجع السابق ، ص ٢٦.

(92) OP-Cit, P202.

وأول ما يجب أن ندركه عند البحث عن تعريف للترتيب، أنه لا مجموعة من الحدود لها ترتيب واحد لا غير، مع إستبعاد كل ترتيب آخر. فأيّة مجموعة من الحدود لها جميع الترتيبات التي يمكن أن نقبلها. كان يكون الترتيب " تاماً " complete أو جزئياً partial ملتحمًا compact أو غير ملتحم، متصلاً continuous أو غير متصل. وعلى هذا فإن جوهر الترتيب، ومن ثم الاتصال، لا يُنشد في طبيعة مجموعة الحدود ذاتها ولكن في علاقة تربط بين تلك الحدود، بالقواسم إليها، تظهر بعض الحدود متقدمة، وأخرى متأخرة^(٩٧).

والخطوة الأولى في سبيل وضع تعريف للاتصال عند كانتور، أن يكون الترتيب تاماً. ولكي يكون الترتيب تاماً لابد من توافر خصائص ثلاث للعلاقة الرابطة بين الحدود، وهي^(٩٨):-

- ١- أن تكون العلاقة لا تماثلية Asymmetrical : أي إذا كانت س أسبق من ص، فيجب ألا تكون ص أسبق من س. على سبيل المثال، إذا كان " زيد أكثر غنى من " عمرو " ، فإن يكون " عمرو " أكثر غنى من " زيد " .
- ٢- أن تكون العلاقة متعدية Transitive : أي إذا كانت س تسبق ص، وكانت ص تسبق ع ، فإن س يجب أن تسبق ع ، وبالمثل إذا كان " زيد أكثر غنى من " عمرو " ، وكان " عمرو " أكثر غنى من " أحمد " فلا بد وأن يكون " زيد " أكثر غنى من " أحمد " .

(97) Russell : Our knowledge , pp 137- 38

(98) See :- Runes : (ed) , dict . of philo . , item "order" , p 236.

- Lucas: A treatise on time and space, p. 30

وأيضاً : رسل : المرجع السابق، ص ٣٦ وما بعدها .

٣- أن تكون العلاقة مترابطة connected : أى إذا علمنا أن أى حدين من المجموعة التى نرتبها، فيجب، أن يكون أحدهما يسبق، والآخر يتبع، فمثلاً من أى عديدين صحيحين أو كسرين أو عديدين حقيقيين، فأحدهما أصغر، والآخر أكبر.

ومن هذه الخواص الثلاث، يمكن أن نصل الى التعريف التالى :

" يقال لعلاقة ما أنها تسلسلية- أو تامة الترتيب- عندما تكون لا تماثلية ومتعدية ومترابطة"^(٩٩).

٦٩- وعلى الرغم من أن هذه الخواص تكفى لتكون متسلسلة " تامة الترتيب"، إلا أنها لا تكفى لتعريف الاتصال تماماً. فلو نظرنا مثلاً إلى متسلسلة الأعداد الصحيحة الموجبة بترتيب مقدارها (. ، ١ ، ٢ ، ٣ ، . . . ن ، . . . ∞) لوجدنا أنها "تامة الترتيب"، ولكنها فى الحقيقة ليست متصلة discontinuous ، إذ أن لها كما نرى حد" أول لا قبل له ، يبدأ به الترتيب، كما أن لها من ناحية أخرى حدود متعاقبة لا آخر لها فى الإمتداد، أى أن كل حد فيها له تال next أو " ما بعد " next-after ، ولا يوجد حد" ثالث بين أى حدين فى الترتيب. ولذا نعطى هذه المتسلسلة اسماً آخر فنقول أنها " مُحكمة- أو جيدة- الترتيب " * (١٠٠) well - ordered series ولما كان

(٩٩) نفس المرجع، ص ٣٩ .

* يقال لتسلسلة ما أنها " جيدة الترتيب " إذا أمكن ترتيبها إنطلاقاً من حد أول يبدأ به الترتيب، فإذا جازنا حدودها إلى مجموعات فرعية، كان لكل مجموعة فيها- فيما عدا الفارغة بالطبع- حد أول لا قبل له. وعلى هذا فمتسلسلة الأعداد الصحيحة السالبة بترتيب مقدارها (∞ ، ، -٣ ، -٢ ، -١) ليست مُحكمة (أو جيدة) الترتيب، ذلك أنها تنتهى بالعدد -١، وليس لها حد أول تبدأ به. ولذا يميز كائنور بينها وبين متسلسلة الأعداد الصحيحة الموجبة، فيرمز للأخيرة بالرمز . * ٥٥

العدد الأعلى لجميع حدود تلك المتسلسلة هو أ . (ف ١٦) فهي إذن أول الترتيبات المتصاعدة Transfinite ordinals أو بعبارة أخرى أول " أنماط الترتيب " order- types ويرمز لها كانتور بالرمز ω (١٠١).

أما متسلسلة الأعداد المنطقية بترتيب مقدارها، فهي نمط آخر من أنماط الترتيب نسميه ω ، وبهذه المتسلسلة نخطو خطوة أخرى على طريق الاتصال. ذلك أنها بالإضافة إلى كونها تامة الترتيب تنسم بالخواص الثلاثة التالية (١٠٢) :-

١- أنها معدودة . أى إذا أخذنا حدودها بترتيب مناسب، أمكننا أن نقيم لها تناظر واحد بواحد مع الأعداد الصحيحة الموجبة .
٢- أنه ليس للمتسلسلة حد أول ولا حد أخير، ومن ثم فهي ليس محكمة الترتيب.

٣- يوجد فيها حد ثالث بين كل حدين. أى أن المتسلسلة ممتلئة. لكن الإلتحام كما ذكرنا هو أدنى رتبة من رتب الاتصال (ف ٥٨)، ولذا ينتقل كانتور إلى متسلسلة الأعداد الحقيقية بترتيب مقدارها، فيسميها بالنمط θ .

والمتسلسلة من هذا النمط تحقق تماماً الشروط الواجب توافرها كي تكون متصلة. فهي تجمع بين الأعداد المنطقية واللا منطقية. ومع أن عدد اللا منطقات أكثر من عدد المنطقات، إلا أن الأولى تمثل مع الثانية متصلاً خطياً أحادى البعد، بمعنى أنه يوجد منطقات بين أى حدين حقيقيين مهما يكن الاختلاف بين الإثنين صغيراً. وقد رأينا أن عدد المنطقات هو أ . وهذا

See : Fraenkel : Set theory , op. cit, p.423.

(١٠٠) نفس المرجع ، ص ١٠٣ .

(101) Lucas : space, time and causality, op.cit, p.37 .

(١٠٢) رسل : أصول الرياضيات ، جـ ٣ ، ص ص ١٣٢-٣٣ .

يعطينا خاصية أخرى تكفي لتمييز الاتصال، نعى خاصية إشمال المتسلسلة θ على متسلسلة فرعية η لها أ. من الحدود، على نحو يجعل بعض حدود η يرد بين أي حدين من متسلسلاتهما يكن الحدين قريبين من بعضهما (١٠٣).

وهكذا نجد أن تعريف "كانتور" للاتصال مكافئ للتعريف التالي (١٠٤) :-
 " تكون المتسلسلة θ متصلة عندما :

- ١- تكون ديدكونية (ف ٦٠) .
- ٢- تشتمل في داخلها على متسلسلة معدودة η لها حدود بين أي حدين من θ .

ومن الواضح أن تعريف "كانتور" للاتصال يستلزم الاتصال الديديكوني، ولكن العكس غير صحيح، ومن ثم فهو يمثل أعلى رتبة من رتب الاتصال، عرفت الرياضية حتى الآن. وسوف نعود إلى هذا التعريف على نحو أكثر وضوحاً مع نهاية هذا الفصل.

ثالثاً : الرياضيات بين الهندس والأكسيوماتيك والمنطق .

أ- نقائص نظرية المجموعات :-

٧٠- لا شك أن نظرية المجموعات قد أحرزت نجاحاً ملحوظاً في التغلب على مفارقات الأعداد اللامتناهية، ومن ثم في وضع تعريف للاتصال يخلو من المتناقضات. لكن نجاحها في ذلك شيء، وكونها نظرية مكتملة تمثل أساساً وحيداً للرياضيات شيء آخر. فما هي إلا سنوات معدودة، حتى بدأت النقائص

(١٠٣) رسل : مقدمة للفلسفة الرياضية ، ص ١١٥ .

(١٠٤) نفس الموضع . وأيضاً رسل : أصول الرياضيات ، ج ٣ ، ص ١٣٤ .

تستثري في جسد النظرية، وبات من الواضح أنها وإن جاءت بتصورات جديدة ظاهرها فيه الوضوح واليقين، إلا أن باطنها يكشف عن مفارقات خطيرة تأبى على الوضوح المنطقي. وهذا إن دل على شيء فإنما يدل على أن الكلمة الأخيرة في أزمة الأسس لم تزل غائبة، وعلى أن تصورات "كانتور" للأعداد ومجموعاتها، إنما تحتاج إلى معالجة أخرى كيما تكون قاعدة يقينية يمكنها تحمل البناء الرياضي بأكمله.

والمفارقة كما نعلم هي محاكمة، تبرهن على صدق وكذب الحكم في واحد، أو، بعبارة أخرى، تبرهن على الحكم ونفيه في وقت واحد (١٠٥).

وقد إبتطوت نظرية المجموعات على عدة مفارقات، لكن ثمة ثلاث منها هي الأشهر: الأولى مفارقة الرياضي الإيطالي "بورالي فورتسي" Burali-Forti الخاصة بأكبر عدد ترتيبي، وقد كشف عنها عام ١٨٩٥. والثانية تتعلق بأكبر الأعداد الأصلية، وقد كشف عنها "كانتور" نفسه عام ١٨٩٩، وإن كان لم يُعلن عنها إلا عام ١٩٣٢. أما الثالثة فقد كشف عنها "رسل" عام ١٩٠١ وتتعلق بمجموعة كل المجموعات. نكتفي هنا بالإشارة إلى مفارقة "رسل" لكونها بدورها أشهر المفارقات الثلاث (١٠٦).

٧١- ويمكن أن نُجمل المفارقة فيما يلي :

(١٠٥) ألكسندر غيمانولا : علم المنطق (دار الظم، موسكو، ١٩٨٩) ص ٢٩٧ .

(106) For more detail about the first two paradoxes, See :-

Russell : Logic and knowledge, OP. cit, pp.59ff.

وأيضاً : رسل : أصول الرياضيات ، جـ ١ ، ص ١٧-١٩ & ص ١٧٤-٨٣ & جـ ٢ ، ص ٢٢٠-٢٩ .

- رسل : مقدمه للفلسفه الرياضيه ، الباب الثالث عشر .

- د. محمد عابد الجابري : تطور الفكر الرياضي، ص ٩٣-٩٧ .

سبق أن ذكرنا (ف ٦٧) أننا يمكن أن نُجزئ الأعداد الطبيعية بأكملها إلى كل المجموعات الفرعية التي نقبلها، فنحصل بذلك على "مجموعة" لكل المجموعات". هذه "المجموعة"، بما أنها مجموعة لا بد وأن تشتمل على ذاتها كواحدة من "كل المجموعات". ولكن من المعتاد ألا تشتمل المجموعة على نفسها، "فالإتسانية" مثلاً، وهي مجموعة لكل الناس، ليست "إنساناً" ومن ثم فهي لا تشتمل على نفسها. وصندوق الأقلام، ولنفرض أنه مجموعة لكل الأقلام، ليس قلماً، ومن ثم فهو مجموعة لا تشتمل على نفسها... وهكذا. والآن كون مجموعة من كل "المجموعات التي لا تشتمل على نفسها". فهل هذه المجموعة تشتمل على نفسها أم لا ؟؟ إن كانت كذلك فهي إذن واحدة من تلك المجموعات التي لا تشتمل على نفسها. وإن لم تكن كذلك فهي أيضاً واحدة من تلك المجموعات التي لا تشتمل على نفسها. أي أن الحكم صادق وكاذب آن واحد، وهذا تناقض^(١٠٧).

ويمكن أن تزداد هذه المفارقة وضوحاً بالمثال التالي (١٠٨):-

كل عمدة مدينة يعيش إما في مدينته أو خارجها. ثم صدر أمر بتخصيص مدينة معينة، لا يعيش فيها إلا العمدة الذين لا يعيشون في مدينتهم. فأين يجب أن يعيش عمدة هذه المدينة الخاصة؟ إذا أراد أن يعيش في مدينته فلن يستطيع ذلك، لأن هذه المدينة حصر على العمدة الذين لا يعيشون في مدينتهم. وإذا أحب أن يعيش خارجها، فإنه، كعمدة لا يعيش في مدينته، يجب أن يعيش في هذه المدينة الخاصة، أي في مدينته، وعلى ذلك فليس بوسعها أن تعيش لا في مدينته، ولا خارجها.

(١٠٧) رسل: مقدمة للفلسفة الرياضية، ص ١٤٩-٥٠.

(١٠٨) ألكسندر غيتمانولا: علم المنطق، ص ٢٩٨-٩٩.

وإزاء هذه المفارقة وغيرها، إحتكم النقاش بين الرياضيين خلال النصف الأول من هذا القرن. لاسيما وأن الأمر يتعلق هنا بالأساس الجديد الذى ركنوا إليه، دون أدنى شك فى أنه سيُعيد للأعداد إنسجامها المفقود منذ أمدٍ بعيد. ولكنه بدلاً من أن يُحقق للأعداد هُويتها، تآدى بها إلى هاوية من المتناقضات تتحدى القوى المنطقية للعدد وتُلغِيها.

ودون أن ندخل فى تفاصيل هذا النقاش الحاد، نقول أن هذه الأزمة الجديدة، أدت إلى إنقسام مسرح البحث فى أسس الرياضيات إلى نزعاتٍ ثلاث، لكل منها تصوُّره الخاص والمختلف لعلاج الأزمة، هذه النزعات كما أشرنا (ف ٥٤) ، هى: النزعة الحدسية، والنزعة الأكسيوماتيكية، والنزعة المنطقية.

ب- الحلول المقترحة :-

٧٢- النزعة الحدسية Intuitionism :-

وهى نزعة قديمة، تعود مباشرةً إلى "كانط". ثم حمل لواءها من بعده مواطنه الرياضى الألماني "ليوبولد كرونكر" L. Kronecher (١٨٢٣-١٨٩١)، الذى يُعد الأب الروحى للحدسيين القرنيين من أمثال "بوانكاريه" H. Poincare (١٨٥٤-١٩١٢) و "لويج" J. Lebesgue (١٨٧٥-١٩٤١) و "بورييل" E. Borel (١٨٧١-١٩٥٦) و "بير" R. Baire (١٨٧٤-١٩٣٢) ^(١٠٩).

(109) Runes: (ed) dict. of philos., item "intuitionism"
(Mathematical), P-165.

وهم فى جُمْلَتهم يعنون بالحدس، لا البداهة الديكارتية، وإنما المعنى الكائنى للكلمة، أى تلك التجربة الحسية أو الذهنية التى يبيحها المكان والزمان، وهى التجربة التى تقابلها وتتأظرها التجربة العملية فى العلوم الطبيعية. فهم إذن رياضيون يقولون أن الرياضه لها "ماده" معينة، ومن ثم فهى ليست صورية بحيث تُشتق من قضايا المنطق الصورى، ولكنها تحتاج إلى تجربه من نوع خاص هى الحدس الرياضى. وهذا الأخير هو السبيل الوحيد إلى الكشف الرياضى، وإلى تأسيس الرياضيات كعلم أصيل ومستقل عن كافة العلوم الأخرى^(١١٠).

وقد تبنى هذه النزعة بعد أزمة الأسس الجديدة رياضيون آخرون من أمثال الهولندى "برور" L. E. J. Brouwer (١٨٨١-١٩٦٦) ومواطنه "أرنولد هايتنج" A. Heyting (١٨٩٨-...) والألمانى "هيرمان فايل" H. Weyl (١٨٨٥-١٩٥٥). ولكنهم طوروا أفكار من سبقهم وأضافوا إليها بما يمكنهم من تنقية الرياضيات من أية نقوضة أو مفارقة، ولذا سُمى مذهبهم بـ "الحدسية الجديدة" neo-intuitionism ، بينما سُمى أسلافهم من الفرنسيين بـ "أشباه الحدسيين" Semi-intuitionists . وهو وصف إستخدمه "هايتنج" كثيراً تمييزاً للحدسية الجديدة الخالصة عما سبقها^(١١١).

ومن أهم أفكارهم فيما يتعلق بنقائض نظرية المجموعات:

١- أن أساس مشكلة النقائض فى الرياضيات الحديثة هو القول بمجموعات لامتناهية، ومن ثم فإن تجنب هذه النقائض يستلزم مراجعة

(١١٠) د. محمد ثابت القندى : فلسفة الرياضه، ص ١٥٩.

(111) Loc-Cit.

فكرة اللانهاية برُمته^(١١٦). وقد أدى بهم هذا التوجه إلى إستبعاد الأعداد الدائرية واللامتناهية، بما فيها معالجات "كانتور" لهذه الأعداد ، من نطاق الفكر الرياضي، بوصفها كيانات غريبة تمتص على التجربة الحديثة.

٢- ولما كانت مفارقات الأعداد اللامتناهية ترجع بدورها إلى "قانون الثالث المرفوع" Excluded middle، الذى يقرر أن القضية إما صادقة وإما كاذبة، ولا مكان لقيمة ثالثة، فمن المستحسن رفض هذا القانون ، أو على الأقل تطوير المنطق الصورى على نحو يمكن معه إيجاد قيمة صدق ثالثة تتوسط قيمتى الصدق والكذب المقررتين فى القانون^(١١٧).

ولا شك أن هذه النزعة قد أدت بمحتقياها إلى نتائج مؤسفة للغاية فى نظر الرياضيين والفلاسفة، إذ فضلاً عن أنها عادت بالرياضيات إلى السوراء وتركبتها مجزأة ومشتتة، نجد أن أصحابها قد لجأوا فى النهاية إلى تطوير المنطق الصورى الذى رفضوه من قبل كأساس لعلمهم ، الأمر الذى أفقد مبادئهم مصداقيتها، وأوقعهم فى مأزق ميثودولوجى لا مخرج لهم منه^(١١٨).

(١١٢) د. محمد عابر الجابرى : تطور الفكر الرياضى ، ص ١٠٨.

(113) Loc- Cit.

"يورد "هايتج" مثالا على ذلك المسألة المعروفة بـ "مسألة جولد باخ" ، نسبة إلى الرياضى الألمانى "كريستيان جولد باخ" K. Gold Bach (١٦٩٠-١٧٦٤) الذى صاغها عام ١٧٤٢ : "كل عدد صحيح ، أكبر من أو يساوى ٦ يمكن تمثيله فى صورة مجموع ثلاثة أعداد بسيطة" ، فإذا أخذنا أية جملة متناهية من الأعداد الصحيحة يمكن التحقق من صحة هذه الفرضية. ولكن هل يوجد هناك عموماً عدد لا يتوافق معها؟ ليس بوسعنا إيراد مثل هذا العدد، وليس بوسعنا إستخلاص تناقض من التسليم بوجوده. أنظر: الكسندرا غيثمانوفا: علم المنطق ، ص ٣٥٦-٥٧.

(١١٤) د. محمد ثابت القندى : فلسفة الرياضة ، ص ١٦٢.

٧٣- النزعة الأكسيوماتيكية : وهي أيضاً نزعة قديمة ، سبق أن أشرنا إليها من خلال تناولنا لنسق إقليدس الهندسى (٤٣-٤٤) ولذا يكفى أن نقول بصدها أنها إتخذت أبعاداً جديدة مع أزمة الأسس ، فحاول روادها من أمثال الرياضى الألمانى "مورتر باش" M. Pasch (١٨٤٣-١٩٣٠)، ومواطنيه "ديفيد هيلبرت" D. Hilbert (١٨٦٢-١٩٤٣) و"إرنست زيرميلو" E. Zermelo (١٨٧١-١٩٥٣) وغيرهم ، العودة بالرياضيات ، لا إلى الحدس أو المنطق ، ولكن إلى النسق الأكسيوماتيكي الذى يعبر عن قضايا صورية خالصة. هذه القضايا تستمد صحتها لا من كونها صورية كما هو الحال فى المنطق ، ولكن من كونها فارغة تماماً من المعنى. فما نبدأ به من حدود ومسلمات أولية ما هى إلا رموز نصطنعها إصطناعاً، نهدف من وراءها إلى إنشاء كيانات رياضية لاثان لها بما يوجد بالفعل. وعلى هذا فهى أسبق من قضايا المنطق الصورى التى يمكن بها ترداد بدورها إلى حدود ومسلمات أكسيوماتيكية^(١١٥).

ولعل أشهر محاولة لحل مشكلة النفاض إطلاقاً من تلك الرؤية ، هى تلك التى قام بها "إرنست زيرميلو" عام ١٩٠٨ ، حين وضع نمقاً أكسيوماتيكياً لنظرية المجموعات، يبدأ بعلاقين أوليين "لامعرتين" - علاقتي العضوية والمساواة - بالإضافة إلى عدد من البديهيات ، رأى أنها تكفل لنا إنشاء

(١١٥) نفس المرجع ص ١٥٦-٥٧.

" وضع "زيرميلو" عام ١٩٠٨ سبع بديهيات ، ثم أضاف إليها أتباعه عامى ١٩٢١-١٩٢٥ على التوالى بديهيتين تاليتين، رآوا أنهما ضروريين لإستكمال النسق.

See: Fraenkel : Set theory, Op-Cit, P-424.

جميع المجموعات الضرورية، دون حاجة إلى تعريف مفهوم "المجموعة" الذي يمكن أن يعود إلى قيام مجموعات متناقضة^(١١٦).

ومن بديهيات "زيرميلو"^(١١٧):-

١- إذا كانت المجموعة أ تحتوي نفس أعضاء المجموعة ب فهما متساويتان.

٢- إذا كان أ، ب أي مجموعتين مختلفتين، فإن المجموعة { أ، ب } هي تلك التي أعضاؤها أ، ب فقط.

٣- إذا كان (س) مجموعة ، (ن) محمول مُحدد Definite predicate ، فإن س هي مجموعة فرعية في س يشترك أعضاؤها في خاصية واحدة هي ن.

ومن هذه البديهية نستنتج إمكانية وجود المجموعة الفارغة Φ ، والمجموعة ذات العضو الواحد { أ } ، وذات العضوين { أ ، ب } ، إلى غير ذلك.

٤- إذا كانت س مجموعة ، فإن β س (أي المجموعة القوية لـ س) هي تلك التي أعضاؤها كل المجموعات الفرعية في س.

وبالنظر إلى هذه البديهيات يتضح أن "زيرميلو" قد استعاض عن "مبدأ التجريد اللامحدود" ، الذي وضعه "كانتور" كشرط لقيام المجموعات ، (ف ٨٢) ، بمبدأ آخر يمكن أن نسميه "مبدأ التجريد المحدود Limited abstraction principle ، أو مبدأ الانفصال Separation بين المجموعات. ووفقاً لهذا المبدأ الجديد، لا يكفي لقيام مجموعة أن يشترك

(116) Ibid.

(117) Ibid.

أعضاؤها في خاصية واحدة ، بل لا بد قبل ذلك أن يكون كل عضو فيها قد سبق إتناؤه إلى مجموعة أخرى (بديهية رقم ٢). أما الخاصية الواحدة، أو المحمول المحدد بتعبير زيرميلو، فنحننا فقط في تمييز أعضاء يشتركون في تلك الخاصية، عن أعضاء لا تتوفر لهم داخل نفس المجموعة، أى في تمييز مجموعة فرعية عن أخرى مختلفة (بديهية رقم ٣). وعلى هذا فكل ما يُمكننى إنشاؤه في النهاية هو مجموعة شاملة لكل المجموعات التى تنتمى إلى مجموعات أخرى تم إتناؤها من قبل (بديهية رقم ٤). ولا يمكن أن يؤدي ذلك إلى تناقض، لأننى لا يمكن أن أضم بعد ذلك كل المجموعات الشاملة في مجموعة أخرى جديدة، طالما أنها جميعاً تفتقد شرط الإنتماء إلى مجموعات سابقة، حتى وإن توفرت لها خاصية كونها جميعاً مجموعات^(١١٨).

ومن الواضح أن زيرميلو قد استطاع بهذا النسق تجاوز مشكلة النفاض إلى حد كبير، الأمر الذى أعطى للنزعة الأكسيوماتيكية دفعة كبيرة تجاه احتلال موضع الصدارة بين إهتمامات الرياضيين وغيرهم خلال هذا القرن. وليس أدل على ذلك من إتجاه العلماء بكافة تخصصاتهم وتوجهاتهم الميثولوجية إلى الصياغة الأكسيوماتيكية لقضايا علومهم المختلفة. ولكننا يمكن أن نتساءل من ناحية أخرى عن مغزى إختيار مسلمة ما دون أخرى في النسق، هل يرجع ذلك إلى حدس رياضى بعيد أملى ذلك الإختيار دون غيره؟ وإذا كان ذلك كذلك، فكيف تبرر النزعة الأكسيوماتيكية إستبعادها لأى حدس رياضى من مجال أساقها؟^(١١٩).

(118) Raymond : Continuum problem, OP -Cit, PP 208-209.

(١١٩) د. محمد ثابت الفندى : فلسفة الرياضة ص ١٥٨.

٧٤- **الفزعة المنطقية:** وهي أشهر النزعات الثلاث التي شهدتها مصرح الأبحاث الرياضية لئان أزمة الأسس، وذلك نظراً لما أحرزته من نجاح في وضع تعريف منطقي جديد للعدد، ومن ثم رد الرياضيات بأكملها - وهي التي وقف بها المذهب الحسابي عند بوابة العدد الصحيح - إلى قضايا منطقية خالصة. وقد تعاقب على تدعيم هذه الفزعة عددٌ من الرياضيين والمناطق، نكتفي منهم بالإشارة إلى موقف "فريجه" و "رسل"، اللذان حملا ميراث "كانتور" ممثلاً في نظرية المجموعات ليحتفظا به في قوالب منطقية دقيقة وواضحة*.

* قد يكون من القول المأد أن نشر إلى قدم هذه النزعة، وإلى سبقها الصارخ في محاولة البحث عن أساس واضح تستمد منه الرياضيات صحتها وبقينها. ولذا أغفلنا الإشارة إلى محاولة "ليستر" الذي كان أول من نظر إلى المنطق كأساس ترد إليه كل معرفة تريد أن تكون يقينية، ومنها الرياضيات بالطبع. كما أغفلنا الإشارة إلى محاولة المنطقي الإنجليزي "جورج بول" G. Boole (١٨١٥-١٨٦٤) وإسهامه البارز في بناء صرح "جبر المنطق" الذي أصبح فيما بعد فرعاً من فروع المنطق الرياضي يقابل نظرية "حساب القئات". ومن ناحية أخرى، لعبت إسهامات الرياضي الإيطالي "جوزيف بيانو" G. Peano (١٨٥٨-١٩٣٢) دوراً هاماً كحلقة عاصمة بين المذهب الحسابي وجبر المنطق من جهة، وبين النزعة المنطقية المعاصرة بقيادة "فريجه" و "رسل" من جهة أخرى وعلى الرغم من أن "بيانو" كان أقرب إلى النزعة الأكسيوماتية منه إلى النزعة المنطقية، وعلى الرغم من سبق فريجه الزمني عليه، إلا أن التطور الطبيعي يقتضي أن تكون أعماله مقدمة لأعمال "فريجه" و "رسل". وقد تمثل إسهام "بيانو" البارز في صياغته لأول نسق أكسيوماتيكي للعدد، إنطلق فيه من ثلاثة أفكار أولية لا معرفة وهي: "الصفر" و "العدد" و "التالي" ثم خلى مصادرات هي:

- ١- الصفر عدد.
- ٢- تأتي أي عدد هو عدد
- ٣- ليس لعددتين عين التالي.
- ٤- الصفر ليس تالياً لأي عدد.

كان فريجه هو أول من نجح - بتعبير رسل - فى " منطقة " الرياضه، أى أنه نجح فى أن يرد إلى المنطق تلك المفاهيم الحسابية التى أثبت السلف أنها كافية للرياضيات^(١٢٠). وفى عام ١٨٧٩ نشر فريجه بحثه المشهور " تكوين الأفكار: لغة صوريه للفكر تُحاكى علم الحساب"^(١٢١)، مضمناً إياه نظريته فى الخواص الوريثية للمتسلسلات العددية^(١٢٢). أما تعريفه المنطقى للعدد، والذي يُعد الأول من نوعه، فقد ضمنه عمله الثانى المنشور عام ١٨٨٤، والمسمى "أسس علم الحساب" وعلى الرغم من أهمية هذا الكتاب، إلا أنه لم يلفت الانتظار، وبقي تعريف العدد الذى إشتمل عليه مجهولاً تقريباً حتى كشف عنه "رسل" عام ١٩٠١^(١٢٣).

والعبدأ الاساسى الذى يستند إليه "فريجه" فى تعريفه للعدد، هو ألا نقابل بين العدد والكثرة plurality، فالعدد هو الخاصية التى تميز الأعداد، تماماً مثل "الإنسان"، فهو الخاصية التى تميز الناس. أما الكثرة فهى حالة خاصة لعدد ما مُعطى، فإذا قلنا مثلاً "ثلاثة رجال"، فهذه حالة للعدد ٣، والعدد ٣

= ٥- أى خاصية من خواص الصفر، والتى هى من خواص أى تالى لأى عدد، هى خاصية لجميع الأعداد. ويرى "رسل" أن هذا النسق يُمثل الكمال فى تحسب الرياضه، وإن كانت تشوبه بعض الثغرات التى يمكن ملئها بإسهامات "فريجه".

أنظر : رسل: مقدمة للفلسفة الرياضيه، ص ٩ وما بعدها.

- د. محمد محمد قاسم: نظريات المنطق الرمضى، ص ١٣٨-٤١

- د. محمد محمد قاسم : جو تلوب فريجه: ص ٦٤.

(١٢٠) رسل : المرجع السابق، ص ١١ .

(١٢١) أنظر : د. محمد محمد قاسم : جو تلوب فريجه، ص ١٥ .

(122) Russell : Our knowledge ... , P. 204.

(١٢٣) رسل : المرجع السابق، ص ١٦ .

حالة من حالات العدد، لكن "ثلاثة" ليست حالة للعدد بمعنى الرياضى والمجرد^(١٢٤). ومعنى ذلك أنه لا يمكن تعريف العدد بمطابقته مع المجموعة التى لها هذا العدد، فالعدد ٣ ليس متطابقاً مع الثلاثى المكون من "أحمد و على و محمد" ، لأن العدد ٣ شئ مشترك بين جميع الثلاثيات ويميزها عن المجموعات الأخرى التى لها أعداد مختلفة^(١٢٥). تلك هى نقطة الالتقاء الواضحة بين نظرية "كانتور" فى تأليف المجموعات، وبين النزعة المنطقية عند كل من "فريجه" و "رسل" ، وإن كان كلاهما يستخدم مفهوم الفئة Class بدلاً من مفهوم المجموعة الذى استخدمه "كانتور" من قبل، ولكى نعرف العدد، لابد لنا أولاً من أن نعرف الفئة، وهنا نجد أنفسنا أمام طريقتين للتعريف: الأولى أن نسرّد أعضاء الفئة، كأن نقول "الفئة التى نعتيها هى "أحمد، على، محمد"، أو قد نذكر خاصية مُعرفة، كأن نقول "الجنس البشرى" أو "سكان الإسكندرية" . والتعريف الأول يُسمى تعريفاً "بالمصدق" ، أما الثانى فهو تعريف "بالمفهوم". ومن الواضح أن التعريف بالمفهوم أساسى من الوجهة المنطقية أكثر من الآخر. ذلك أن التعريف بالمصدق يمكن دائماً أن يُرد إلى التعريف بالمفهوم، بينما العكس غير صحيح حتى من الوجهة النظرية، لأننا لا يمكن أن نسرّد مثلاً جميع الرجال ، أو حتى جميع سُكان الإسكندرية^(١٢٦).

العدد إذن هو طريقة نجمع بها "فئات" أو "مجموعات" معينة هو تلك التى لها عدد معلوم من الحدود. فقد ننظر إلى جميع الأزواج فر

(١٢٤) نفس الموضع.

(١٢٥) نفس الموضع.

(١٢٦) نفس المرجع ، ص ١٧.

حزمة، وجميع الثلاثيات فى حزمة أخرى... وهكذا. فحصل بذلك على حزمات مختلفة من المجموعات، وكل حزمة مكونة من جميع المجموعات التى لها عدد معين من الحدود (١٢٧). ولو أردنا أن نعرف عدد الحدود فى أية مجموعة أو فئة، حتى ننسبها إلى الحزمة الخاصة بها، فليس أمامنا إلا طريقة التناظر، أو علاقة واحد بواحد، وذلك حتى لا نصطدم بمجموعة لامتناهية لا يمكن سرد أعضائها. فإذا ما علمنا أن هناك علاقة واحد بواحد تربط بين حدود فئتين، قلنا أن الفئتين متشابهتان (١٢٨).

وهكذا يمكن أن نصل إلى تعريف شامل للعدد فنقول أن عدد الفئة هو " فئة جميع الفئات المتشابهة له " (١٢٩) .

٧٥- وإطلاقاً من هذا التعريف للعدد- والذى كان أساساً لنظرية " حساب الفئات " - يذهب " رسل " إلى أن مفارقات نظرية المجموعات هى فى الأصل مفارقات منطقية، ترجع إلى تصور الفئة، أو بالأحرى إلى ما يمكن أن نسميه بالتضمن الوجودى للفئة (١٣٠). وكان حله لها ما قدمه بعد ذلك فيما عُرف " بنظرية الأنماط " theory of types .

وغوى هذه النظرية أنه لا بد من ترتيب الأشياء فى صورة هرمية، بحيث أن المحمولات التى تصدق أو تكذب على " نمط " ما، لا يمكن تطبيقها تطبيقاً ذا معنى على الأشياء التى تنتمى إلى نمط آخر. لذلك يمكن إقامة

(١٢٧) نفس المرجع، ص ١٩ .

(١٢٨) نفس المرجع، ص ٢٢ .

(١٢٩) نفس المرجع، ص ٢٣ .

(١٣٠) إيرو : المسائل الرئيسية فى الفلسفة ، ص ٢٢٤ .

قضايها عن أفراد، ما لا يمكن إقامتها عن فئات لأفراد، ويمكن إقامة قضايها عن فئات، ما لا يمكن إقامتها عن فئات لفئات... وهكذا^(١٣١).

ومعنى ذلك أنه لا بد من الاستغناء عما يمكن تسميته بالفئات "غير النقية"، أى الفئات التى ليست نقية بالنسبة للنمط^(١٣٢). فإذا كان لدينا مثلاً دالة القضية: "إذا كان س إنساناً، إذن س فان"، بحيث تكون جميع قيمها قيماً صادقة. فمن الممكن حينئذ أن نستنتج منها "إذا كان سقراط إنساناً، إذن سقراط فان"، ولكننا لا نستطيع أن نستنتج: "إذا كان قانون عدم التناقض إنساناً، إذن قانون عدم التناقض فان". ففكرة الأنماط تعلن أن هذا الترتيب الأخير للألفاظ لا معنى له، وتُعطى قواعد للقيم المسموح بها للمتغير س فى دالة القضية^(١٣٣). وب نفس الطريقة التى يختلف بها "سقراط" عن "قانون عدم التناقض"، يختلف تصور الفئة عن تصور أعضائها، فوجود الفئة هو وجود من الدرجة الثانية بالقياس إلى وجود الأعضاء، وبناءً على ذلك فإن فكرة الفئة التى تشتمل على نفسها، فكرة غير معقولة، تتطوى على خلف، لأن الفئة هى بالضرورة من نمط أعلى من نمط العناصر التى تنتمى إليها^(١٣٤).

وهكذا يمكن لنظرية الأنماط أن تتجاوز بالفعل مشكلة التناقض، وإن كانت تثير من ناحية أخرى صعوبات كثيرة. منها أن تعريف العدد بطريقة "قريجة" و "رسل" يصبح باطلاً وفقاً لترتيب الأنماط. فلن نستطيع مثلاً أن نعرّف العدد ٢ بأنه فئة لجميع فئات الأزواج، لأننا يجب حينئذ أن نميز بين

(١٣١) نفس المرجع، ص ٢٢٦-٢٢٧.

(١٣٢) رسل: مقدمه للفلسفة الرياضية، ص ١٥٠.

(١٣٣) رسل: أصول الرياضيات، ج ١، ص ١٩.

(١٣٤) د. محمد عابد الجابري: تطور الفكر الرياضى، ص ١٠٥.

فئة الأزواج الخاصة بالأشياء، وبين فئة الأزواج الخاصة بفئات الأزواج ... وهكذا^(١٣٥). مما يدفعنا إلى القول بأن حل مشكلة النقائض وفقاً لنظرية الأنماط يأتي على حساب أهم ركن من أركان النزعة المنطقية، ألا وهو تعريف العدد. وهذا يمثل تناقضاً آخر يستلزم إما إلغاء النظرية، أو مراجعة الحد الفاصل بين الرياضيات والمنطق كما تصوره "فريجه" و "رسل".

ج- هل الرياضيات أساس وحيد؟

٧٦- تلك هي الأفكار الرئيسية للنزعات الثلاث التي تقاسمت البحث في أسس الرياضيات منذ بداية هذا القرن. ولا نستطيع الزعم بأن واحدة منها قد تجتحت تماماً في حل مشكلة النقائض. أو إنها قد إستطاعت بالفعل رد الرياضيات إلى أساس، واضح ويقين، لا يأتيه الباطل من بين يديه ولا من خلفه. ولكن نقول أن كل نزعة منها قد قطعت ثلث الطريق، وأنها إستعانت بطريقة أو بأخرى بجزء من توجهات النزعتين المقابلتين.

وإمامنا شواهد تؤكد ذلك، منها :

١- في النزعة المنطقية:

أ- إعترا ف "رسل" بغموض نظريته عن "الأنماط" وعدم إكتمالها^(١٣٦). هذا فضلاً عن أنها تذكرنا بمن يعالج الداء بالداء، فهو يضع نظرية الأنماط كعلاج لما إنطوت عليه نظرية "حساب القنات" من متناقضات، فهل يستلزم الأمر وضع نظرية جديدة لعلاج ما ظهر من تضارب بين النظريتين ؟ .

(١٣٥) نفس المرجع، ص ١٠٦.

(١٣٦) رسل : مقدمة للفلسفة الرياضية، ص ١٤٩ & أصول الرياضيات، ج١، ص ١٠٦.

ب- تأشُر " رسل " الواضح في نظرية الأتماط بمبدأ الانفصال بين المجموعات الذي قال به "يرميلو" في نسقهِ الأكسيوماتيكي، لا سيما وأنه - أي رسل - قد ساهم قبل ذلك مساهمة فعالة في المناقشات الخاصة ببعض مسلمات هذا النسق (١٣٧).

ج- لجوء المناطق - ومنهم " رسل " - إلى صياغة نظريات المنطق الرمزي صياغة أكسيوماتيكية طلباً للوضوح والدقة.

٢- **فوق النزعة الحدسية:** لجوء "هايتج" إلى تطوير المنطق الصوري بما يسمح بغياب قانون الثالث المرفوع. ثم محاولته عام ١٩٣٠ صياغة نسق أكسيوماتيكي لما أسماه بقضايا المنطق الحدسي (١٣٨).

٣- في النزعة الأكسيوماتيكية: إعتقاد "يرميلو" في صياغة نسقهِ على قواعد المنطق الصوري، وإستخدامه لمصطلحاته. هذا فضلاً عما أثير عن الدافع إلى إختيار بعض المسلمات دون أخرى بوصفها قضايا أولية، وتبرير بعض الحدسيين لذلك بتبعية الأساق الأكسيوماتيكية للحدس.

يُمكننا إذن الزعم بأن أياً من النزعات الثلاث لم تنجح منفردة في علاج أزمة الأسس. وأن علاج هذه الأزمة - كما شهدته السنوات التالية - كان مبعثه التلاحق والتفاعل بين النزعات الثلاث، حتى وإن بدت في الواقع متصارعة ومتناحرة. وليس هناك ما يُبرر تصنيف النزعة الحدسية - كما

(137) Fraenkel : Set theory, P. 425.

وأيضاً أصول الرياضيات ، ج ١ ، ص ١٠ .

(١٣٨) ألكساندرا غيتما نوكا : علم المنطق، ص ٣٥٦ .

فعل البعض^(١٣٩) - كنزعة هامشية ، تمثل اتجاهاً خاصاً جداً فى مقابل النزعتين الأكسيوماتيكية والمنطقية الأكثر تقارباً، ذلك أن الحدس بمعناه الواسع - أى تلك الرؤية الكلية المباشرة لموضوعات المعرفة - يلعب دوراً هاماً لا يمكن إنكاره فى ثراء الكشف العلمى، سواء فى مجال الرياضيات ، أو فى مجال الفيزياء^(١٤٠). ولنا مع هذه النقطة وقفة أخرى لاحقة.

تعقيب:

٧٧- فى ضوء ما سبق، نستطيع الزعم بأن أزمة الرياضيات الكبرى التى أملت بها خلال القرن التاسع عشر ، هى فى حقيقتها أزمة نمو وتطوير: نمو لمفاهيمها ، وتطوير لمنهجها. ولا نفهم الأزمة هنا بالمعنى السلبى الذى تنسبه إلى الجسد فى حال المرض، وإنما بالمعنى الإيجابى المعبر عن نشاط العقل وسعيه الدائم فى طلب اليقين، تلك المعرفة المؤكدة التى لاكتشفها الضلال. وكما رأينا فإن اليقين درجات، أدناها معاينة الوقائع ، وأرقاها صورية المعانى والمفاهيم. وبين هذه وتلك، تلح الأزمة الرياضية التى كان مفهوم الاتصال محورها الأساسى. ولنسترجع بإيجاز مراحل التناول الرياضى لهذا المفهوم.

فى مطلع العصر الحديث، كانت طبيعة الاتصال تلمس فى ذلك الخط المستقيم الديكارتى الممثل لترابط النقاط فى المكان (ف ٣٠). وبعد إكتشاف

(١٣٩) بول موى : المنطق وفلسفة العلوم (ترجمة د. فواد زكريا، دار نهضة مصر، القاهرة ،

١٩٧٣) ص ١٤٢ وأيضاً:

د. محمد عابد الجابرى: تطور الفكر الرياضى ، ص ١١١.

(140) Morris , R: "Dismantling the universe", The nature of scientific discovery, Simon & Schuster Inc, N. Y, 1983, P-63.

تيوتن" و "لينتز" لحساب التفاضل والتكامل ، أصبحت الدالة الهندسية المتصلة نموذجاً أكثر قبولاً لمعنى الاتصال (ف ٣٨). لكن هذه الدالة لم تثبت أن توارثت خلف كثرة الدوال المنفصلة، التي كان إكتشافها نذيراً بزعزعة يقين الحدس الهندسى للاتصال (ف ٤٢) . حقاً لقد ساهم حساب التفاضل والتكامل فى حل بعض المشكلات الخاصة باللامتناهيات، ولكن أنى لنا وصف إتصال الزمان والمكان بدوال تحتمل الانفصال؟. هنا تبرز ضرورة العودة إلى الأعداد الصحيحة كنطلق وحيد ويقتلئ لمتسلسلات الأعداد بكافة أشكالها. وماكان لهذه الخطوة أن تتم دون إستبدال اليقين الصورى بيقين الواقع، وتحول الهندسة ذاتها من الوصف العيى لقضاياها كمياري لليقين، إلى عدم التناقض بين تلك القضايا كمياري بديل، يمكننا به توسيع قاعدة البناء الهندسى ليشمل أنساقاً لاحصر لها، متسقة القضايا، لا بحكم الحدس المكاني، وإنما بحكم العقل المجرد (ف ٥١، ٥٢).

هكذا يتحرر الاتصال من كل روابطه الهندسية، فيرقى من كونه متسلسلة ملتزمة من الكمور (ف ٥٨) ، إلى كونه متسلسلة ديدكينية متصلة القطوع (ف ٦٠). ثم يحصد "كانتور" ثمار التجريد بنظريته فى المجموعات، فيضع تعريفاً للاتصال، هو فى جوهره تعريف لمتسلسلة الأعداد الحقيقية ، تلك التى تربط بين أى حدين من حدودها - مهما قل الفرق بينهما - بحدود أخرى من متسلسلة الكمور أو النسب (ف ٦٩).

ورغم جهود "كانتور"، إلا أن نقائض الأعداد اللامتناهية عادت تطل برأسها من جديد، لتهدد يقين الأعداد المنشود، مما كان إيذاناً ببدء البحث فى أسس الرياضيات ومنابعها. وهكذا وجدنا أنفسنا أمام نزعات ثلاث، ترد الرياضيات إما إلى الحدس (ف ٧٢)، أو إلى الأكسيوماتيك (ف ٧٣)، أو إلى

المنطق (ف ٧٤). لكن علاج الأزمة -فيما نزع - لم يكن حكراً على نزعة دون أخرى، بل لقد أدت كل نزعة دورها المطلوب، ليبقى اليقين الرياضى فى النهاية متعدد الأبعاد، وإن كان ذلك فى حدود العقل الخالص (ف ٧٦).
بقى أن نجمل فى نقاط تعريف "كانتور" للإتصال، بوصفه أعلى رتبة من رتب الإتصال الرياضى. ونلجأ فى ذلك إلى عالم الرياضيات "إدوارد هنتجتون" E. Huntigton الذى فصل هذا التعريف عام ١٩١٧ فى كتابه "المُتصل" The continuum ، حيث يقول ^(١١):-

" المتصل مجموعة لامتناهية غير معدودة Non-denumerably infinite set ، ولنرمز لها بالحرف ك ، تُؤلف فيها العناصر متسلسلة من الأعداد الحقيقية، فى إطار الشروط التالية:

(١) أنها تامة الترتيب". بمعنى أنه بالنسبة لأى عديدين حقيقيين، يكون أحدهما أكبر من الآخر. فإذا كان ك_١ ، ك_٢ أى جزئين غير فارغين Nonempty من ك ، بحيث أن كل عنصر من ك ينتمى إما إلى ك_١ أو إلى ك_٢ ، وكل عنصر من ك_١ يسبق كل عنصر من ك_٢، حينئذ يوجد على الأقل عنصر واحد ن فى ك ، بحيث أن أى عنصر يسبق ن ينتمى إلى ك_١ ، وكل عنصر يتبع ن ينتمى إلى ك_٢ .

(٢) أنها مَلْتَحْمَة أو كثيفة dense. بمعنى أنه بالنسبة لأى عديدين حقيقيين مختلفين ، يوجد بينهما ثالث. فإذا كان أ، ب عنصرين فى الفئة ك ، وكان أ

(141) Huntington, E. V. " The continuum", Cambridge, Mass, 1917 & Dover Pub. Inc, N. Y, 1955, Ch. V, P-54.
See also : Korner, S. : " Contiuity", in Ency. of philo., Vol (2), P-206.

يسبق ب ، فإنه يوجد على الأقل عنصر واحد ج ، بحيث أن أ يسبق ج ، ج يسبق ب .

(٣) أنها خطية Linear . أى أنها من متصل ذو بعد واحد One dimensional continuum ، بمعنى أنه بين أى عددين حقيقيين يوجد عدد حقيقى هو عضو فى فئة فرعية معدودة Denumerable subclass ، فإذا كانت الفئة ك تحتوى الفئة س ، فإنه يوجد عنصر من س بين أى عنصرين من ك. على سبيل المثال، فئة الأعداد الحقيقية بين صفر، ٢ تُمثل متصلاً وهى بالإضافة إلى ذلك تُمثل متصلاً خطياً مع س فئة الأعداد المنطقية، و $\sqrt{2}$ عنصر فى المتصل ، ولكنه ليس عضواً فى س.

(٤) أنها يمكن أن تنقسم إلى قطوع ديدكنية Dedekind Cuts ، بمعنى أننا لو قسمنا كل الأعداد الحقيقية فى فاصل إلى فئتين (ليستا فارغتين)، بحيث أن كل عضو فى الفئة الأولى يكون أصغر من كل عضو فى الفئة الثانية، فإنه يوجد عدد حقيقى يقسم هاتين الفئتين. أى أن كل عدد حقيقى أصغر منه ينتمى إلى الفئة الأولى، وكل عدد حقيقى أكبر منه ينتمى إلى الفئة الثانية.

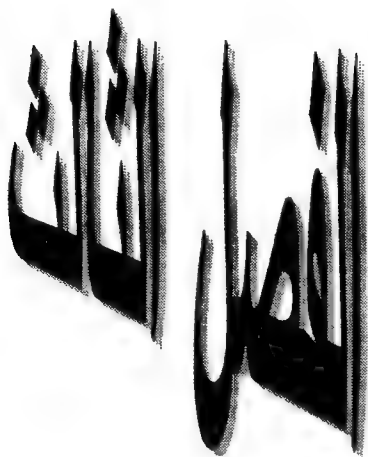
ولا نحتاج لأكثر من هذا التعريف فى تمييزنا للمتسلسلات المتصلة عما سواها، وبصفة خاصة فى دراستنا الفيزيائية لإتصال الزمان والمكان، أو لمتصل الزمان - المكان الرباعى الأبعاد وفقاً لنظرية "آينشتين" فى النسبية^(١٤٧)، وإن كان ذلك يدفعنا إلى التساؤل : كيف تكون الرياضيات، وهى فى نهاية الأمر ليست إلا خلقاً حراً للعقل البشرى، متفقة مع الواقع الفعلى؟. وبعبارة أخرى، ما مدى إنطباق الكيانات الرياضية المجردة على

(١٤٧) ألبرت آينشتين : النسبية الخاصة والعامة (ترجمة د. رمسيس فحاتة ، مراجعة د. محمد

مرسى أحمد ، دار نهضة مصر للطباعة والنشر، القاهرة ، بدون تاريخ) ص ٨٨.

الواقع المحسوس؟. وتلك مشكلة من أعقد المشكلات التي واجهها العلماء والفلاسفة عبر تاريخ العلم، نوجّل تناولها حتى نعرض لمردود هذه التحولات الرياضية على البحث الفيزيائي، ذلك الذي إتبرى أصحابه للتحقق من قيام الاتصال في الطبيعة.

لنعمل إذن تساؤلنا ولنطرق به باب الفيزياء.



الاتصال الفيزيائي بين النظر والتجريب

تمهيد:

٧٨- تناولنا في الجزء الثالث من الفصل الأول تطور فكرة الاتصال في العلم بداية من "أرسطو" وحتى "نيوتن". ورأينا كيف كان مبدأ الاتصال، عبر مسيرة العلم قديما وحديثا، قضية أولية تلح حيثما بحث الزمان أو المكان، وحيثما بحثت المادة أو الحركة. وهكذا كانت قوانين نيوتن في الحركة، وقانونه العام في الجاذبية، تنويعا لجهود نظرية وتجريبية سابقة تؤكد الاتصال. فليس هناك قفزات في الطبيعة، وكل جسم متحرك، بالدفع أو بالجذب، فحركته تتسبب تدريجيا على نحو متصل، وفقا لإطار مطلق ذو بعدين: مكان "متصل يتألف من عدد لا متناه من النقاط المتجانسة وزمان متصل به عدد لا متناه من الآتات المتجانسة والمتدفقة إلى الأمام بسرعة متساوية خلال الكون. أما الجسم المتحرك ذاته، فقوامه جزيئات مصمتة لا متناهية العدد والصغر، تدفعها وتجذبها قوى يمكن صياغتها صياغة رياضية حاسمة.

وبهذا التصور الميكانيكي للأجسام وحركاتها، بدا الكون وكأنه محكوم بعدد محدود من القوانين الرياضية تسوغ التنبؤ بالمستقبل، بدلالة الماضي والحاضر، وتبعا لمعادلات تفاضلية تُتيح لنا الإمساك باللامتناهى فى الصغر. وماعليها إلا أن نرضخ لهذه المعادلات وتلك القوانين إذا ما أردنا تسخير الطبيعة.

ثم إنتقلنا فى الفصل الثانى إلى التناول الرياضى الحديث لفكرة الاتصال، وتتبعنا مراحل التخلّى التدريجى عن التمثيل الهندسى أو الدالى للاتصال، الذى أقره من قبل "نيوتن" و"لايبنز"، ليغدو فى النهاية مفهوما عدديا مجردا، خال من متناقضات الأعداد اللامتناهية. وعلى هذا

المستوى الرياضى المجرّد تتساوى فرص التحقق الواقعى لكل من الاتصال والإتصال، فكلاهما قائم على التعريف، ولا شأن للرياضيات البحتة بما هو متحقق بالفعل على أرض الواقع .

ونريد الآن أن ندلف إلى ما اعتبرته الرياضيات خارجا عن مجال إختصاصاتها، أعنى إلى ميدان البحث عما إذا كانت الظواهر الطبيعية بمستوياتها الثلاثة : المحلى Local - أى مستوى الخبرة الأرضية المباشرة - والكونى والذرى، تكشف أو لاكتشف عن تحقق الإتصال. وتلك هى المهمة التى إضطلعت بها الفيزياء المعاصرة، لاسيما بعد أن قدم "ديكند" و "كانتور" ترجمة وافية للغة التى كتبت بها الطبيعة، وهى الأعداد بكافة أشكالها وأنماطها الترتيبية.

٧٩- وقد تجلت المعالجة الفيزيائية المعاصرة لموضوع الإتصال فى نظريتين كبيرتين تقاسمتا البحث فى الظواهر الطبيعية منذ بداية هذا القرن: إحداهما نظرية النسبية (الخاصة والعامة)، والأخرى نظرية الكم. وبينما تُعيد النسبية الخاصة صياغة القوانين الأساسية للحركة على نحو أدق مما قدمه "نيوتن"، تتجه النسبية العامة إلى تحليل خواص المادة على النطاق الواسع، أى على مستوى الكون الأكبر، حيث النجوم والكواكب وحركاتها التجاذبية. أما نظرية الكم فتعلل خواص المادة على النطاق الضيق جدا، أى على مستوى الكون الذرى. وليس هناك فيما يبدو أية رابطة بين النسبية العامة والكم، اللهم إلا فى أساسهما المشترك وهو النسبية الخاصة^(١).

(١)رسل : ألف باء النسبية (ترجمة فؤاد كامل، مراجعة د. محمد مرسى أحمد، شركة مركز كتب الشرق الأوسط ومكبتها، القاهرة، ١٩٧٧) ص ١١٣.

ومن ناحية أخرى، بينما تتجع النسبية فى تحطيم الأطر المطلقة التى
 إفترض نيوتن أن قوانين الطبيعة تعمل بمقتضاها، وهى الزمان والمكان،
 تحرز نظرية الكم نجاحا مماثلا فى تفتيت عالم الذرة الذى ظنه " نيوتن "
 مصمما لا داخل له. والحق أنها لمهمة شاقة أن تعرض فى فصل واحد
 لنظريتين أثارتا من المشكلات الفلسفية أكثر مما إضطلعتا بحله. ولكننا مع
 ذلك سنحاول تتبع الخطوط الرئيسية لكليهما، تدفعنا رغبة ملحة فى الحصول
 على إجابة شافية عما إذا كان الاتصال قائما فى الطبيعة أم لا.

٨٠- ولن يتسنى لنا فهم النظريتين دون أن نلم بمقدماتهما، أعنى بإرهاصات
 التغيير التى إجتاحت القرن التاسع عشر، والتى لمسنا جانبها منها فى مجال
 الرياضيات. أما فى مجال الفيزياء فقد خرجت علينا التجارب المختلفة
 بمشاهدات ونتائج جديدة تستعصى على مبادئ الميكانيكا التقليدية، وتدد عن
 منهجها. ومن ثم كان لابد من توسيع البناء النظرى فى الفيزياء بما يكفى
 لإستيعاب المشاهدات الجديدة. ولايعنى ذلك - كما يُصور البعض - إنهيار
 النسق النيوتونى أو مراجعته برمته . فالحقيقة أن هذا النسق ظل حتى أواخر
 القرن التاسع عشر - ولم يزل فى مجالات ليست قليلة- منهاجا أثيرا لكل
 العلماء الذين يبحثون فى الفيزياء النظرية. وكانت مبادئه الأساسية كافية
 منطقيا لدرجة أن الحاجة إلى مراجعتها لم يكن من الممكن أن تنهض إلا
 بدافع من الحقيقة التجريبية وتحت ضغطها^(٢).

(٢) ألبرت آينشتين: أفكار وآراء "مجموعة مقالات مجمعة"، ترجمة د. رمسيس شحاتة، الهيئة

المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٦) ص ٤٥-٤٦.

* وعلى هذا يجب ألا نساقي وراء الدعاوى الحماسية التى تؤكد سقوط النسق النيوتونى ودفعه إلى
 الأبد فى مقرة النسبية والكم. فهذه الدعاوى تطع على النظريات الجديدة صمة الثورية، لكن =

بعبارة أخرى، نستطيع الزعم بأن أزمة الميكانيكا التقليدية إنما تنحصر في شموليتها ، أى في الظن بإمكان تطبيقها على كافة المجالات التى تفرعت إليها الفيزياء. وبالتالي فهي فى حقيقتها أزمة نمو - شأنها فى ذلك شأن أزمة الرياضيات التقليدية - تستلزم التوصل إلى قوانين جديدة يمكنها إحتواء ما إستجد من وقائع تجريبية. وقد تركزت هذه الأخيرة فى فروع فيزيائية ثلاثة ، وهى :- الحرارة، والضوء، والكهرباء.

«لقطة الثورة» قد تكون مدعاة للتضليل، لأن قوانين "نيوتن" لاتزال كالية لتفسير التجربة العادية. بل لقد كانت كالية تماما لكى نحمل الإنسان إلى القمر ثم نصيده إلى الأرض سائلا. أما دقة النسبية فلا تحتاج إليها إلا فى حالات خاصة، كحالة السرعات التى تقارب من سرعة الضوء. يقول الفيزيائي "ليوبولد إغلند"، صديق "آينشتين" ومعاونيه، "ليس صحيحا كل الصحة أن يُقال أن "آينشتين" أثبت عدم صلاحية ميكانيكا "نيوتن" للتطبيق، بل الأصح أن يقال أنه بين أوجه قصورها ، ذلك أن النطاق الذى تصلح فيه للتطبيق لا يزال واسعا". ويؤكد "آينشتين" نفسه هذه المقولة فيصرح بأن ابتكار النظرية النسبية إنما يرجع بالضرورة إلى مجرد الرغبة فى جعل النظرية الفيزيائية تتفق على قدر المستطاع مع الحقائق المشاهدة ". ثم يستطرد قائلا: " اننا لا نواجه هنا عملا ثوريا بل إستمرارا طبيعيا لإتجاه بدأ منذ أجيال، إن التغلغل عن أفكار معينة عن الفضاء والزمن اعتبرت من قبل أساسية لا يجوز اعتباره عملا تصفيا ولكنه تمشيا مع الحقائق المشاهدة". ومن المعروف أن " آينشتين " كان مؤيدا بقوة لأهم مبادئ النسق النيوتوني وهو مبدأ السبية الذى يستند بدوره إلى مبدأ الاتصال . ولا يزال هذا المبدأ كما سنرى يناطح مبدأ الانفصال الذى سيطر على الأبحاث الثرية منذ اكتشاف نظرية الكم .

See: Infeld, L. :Albert Einstein, His Work and its influence on our world, Scribner's ,N,Y,1950, p.20.

وأبضا :

روبرت م. أغروس & جورج ن. ستانسيو: العلم فى منظوره الجديد ، مرجع سابق، ص ١٢٠-٢١.

- آينشتين: المرجع السابق ، ص ١١.

ومجمل ما توصلت إليه البحوث الفيزيائية في هذه الفروع خلال القرن التاسع عشر يعرف عامة بالميكانيكا الكلاسيكية^(٣). وهى موضوع الجزء الأول من هذا الفصل .

أولاً: وجهة النظر الكلاسيكية .

١- الديناميكا الحرارية (الثرموديناميكا) Thermodynamics .

٨١- الثرموديناميكا فرعٌ حديث نسبياً من فروع الفيزياء ، يعنى " ببحث العلاقة بين خواص المواد وتفاعلاتها تحت تأثير الحرارة ، فضلاً عن تحول الطاقة من وجه إلى آخر"^(٤). وعلى هذا فهى إمتداد لبحوث الحرارة التجريبية التى بدأها "جاليليو" عام ١٥٩٣ حين ابتكر أول ميزان حرارى عرفه العلم الحديث^(٥).

وبصدد تفسير العلماء لماهية الحرارة ، نجد أنهم حتى منتصف القرن التاسع عشر تقريباً ، كانوا يعملون وفق نظرية قديمة - ربما ترجع إلى ديموقريطس^(٦) - تخلع على الحرارة شكلاً غامضاً لا وزن له من أشكال المادة ، سُمى بالسعال الحرارى caloric وعلى الرغم مما أحرزته هذه النظرية من نجاح فى تفسير الظواهر الحرارية ، إلا أنها لم تكن دائماً التفسير الوحيد والمقنع لماهية الحرارة ، فمَنذ عام ١٦٢٠ كان الفيلسوف الإنجليزى

(٣) جيمس جينز : الفيزياء والفلسفة ، ص ١٥٧

(٤) معجم الفيزيكا الحديثة ، مادة "ثرموديناميكا" ، ج٢ ، ص ٣١٧ .

(٥) ميتشيل ويلسون : الطاقة (ترجمة مكرم عطية ، مراجعة نزيه الحكيم ، دار الوجة والنشر

لشئون البزول ، بيروت ، ١٩٧١) ص ٢٩-٣٠ .

(٦) انظر فيرنر هانينبرج : المشاكل الفلسفية للعلوم النووية ، ص ٣٤ .

"فرنسيس بيكون" (1621-1626) F.Bacon قد عاد إلى وجهة النظر الأفلاطونية، فأعلن بجلاء أن الحرارة ما هي في جوهرها إلا مجرد حركة . وقد تابعه في ذلك من بنى موطنه الفيزيائيان "روبرت بويل" R.Boyle (1627-1691) ، و"روبرت هوك" R.HOOKE (1635-1703) فوصف الأخير الحرارة بأنها " لا شيء سوى الإثارة السريعة والعنيفة لجزيئات جسم ما " . وفي عام 1798 لقي هذا الاتجاه دعما مؤثرا من قبل الفيزيائي الأمريكي "بنجامين طومبسون" B.THOMPSON (1703-1814) - المعروف بالكونت رمفورد - الذى أثبت عمليا أن الحرارة نتيجة طبيعية للحركة الاحتكاكية لجزيئات المادة (٧) .

ومع تجارب "روبرت ماير" R.MAYER (1814-1878) فى ألمانيا ، و"جيمس جول" J.JOULE (1818-1889) فى إنجلترا ثبت بما لا يدع مجالا للشك أن الحرارة ليست سوى "طاقة" ناجمة عن الحركة التلقائية والعشوائية للجزيئات المادية ، وأن فى الإمكان تحويلها من الشكل الحرارى إلى أشكال أخرى ميكانيكية وكهربائية (٨) .

وبشروط كون الحرارة شكلا من أشكال الحركة ، وبالتالي من الطاقة ، أصبح من اليسير إدراك التكافؤ بين الطاقة والشغل الميكانيكى . وتمت بذلك

(٧) ميتشيل ويلسون : المرجع السابق ، ص ٣٥ .

(٨) نفس المرجع ، ص ٣٧ - ٣٨ .

* "الشغل" work و "الطاقة" energy مفهومان من أهم المفاهيم الموروثة عن الميكانيكا التقليدية . والشغل ، كما يُعرف فى الأخيرة بدقة ، هو "الجهد المبذول بقوة ما على مدى مسافة ما" . فحين أدفع جسما ما ، بقوة معينة لمسافة معينة ، فإننى حينئذ أكون قد بذلت شغلا مساو لحاصل ضرب القوة فى المسافة التى تحركتها الجسم . وعلى هذا فالشغل هو طريقة بها يمكن أن تتغير الحالة الآتية للنظام system (أى للمادة موضوع البحث أو التجربة) . أما "الطاقة" =

صياغة القانون الأول للثرموديناميكا المعروف بـ "بقاء الطاقة" conservation of energy وموداه أن "الطاقة لا تفنى ولا تستحدث، ولكنها يمكن أن تتحول من صورة إلى أخرى"^(٩). ولا تعنينا هنا الإتمكاسات الفلسفية لهذا القانون، والتي تجلت في محاولة الفيلسوف والكيميائي الألماني "وليم أروالد" W.Ostwald (١٨٥٣-١٩٣٢) التوفيق بين المادية والمثالية بنظريته القائلة بأن "الطاقة" هي المبدأ الأول للوجود. وأن العمليات المادية والفكرية بأكملها ما هي إلا تحولات للطاقة^(١٠). وإنما ذكرنا هذا القانون كتمهيد للقانون الثاني الأكثر أهمية لموضوع الاتصال والالتهاى، والذي جاء ثمره لجهود الفيزيائي الفرنسي "مادى كارنو" S. Carnot (١٧٩٦-١٧٩٦)

=فهى القدرة على بذل الشغل اللازم لتغيير حالة النظام. وأقرب مثال لثرموديناميكى لذلك هو الغاز الواقع تحت كباس فى وعاء إسطوانى محكم الغلق، فلو أننى دفعت الكباس إلى أسفل بقوة (ق) خلال مسافة (ف)، فإن الغاز حينئذ يتعرض لقدر من الشغل (ش) = ق×ف. ولذلك تتغير حالته (حيث يقلص حجمه ويزداد ضغطه). أما تسخين الوعاء فيؤدى إلى زيادة طاقة النظام، فيتمدد الغاز ويذلل فلرا من الشغل يتمثل فى دفع الكباس إلى أعلى مرة أخرى، وهذا هو معنى التكافؤ بين الشغل والطاقة.

sec,Academician G. S. Landsberg(ed):Textbook of elementary physics, Trans from Russian by A. Troitsky, Mirr pub. Moscow, 1972 . vol (1), P. 161, P. 168 See also , Van Fraassen : An introduction of the philos. of time and Space, OP . Cit , P 87 .

وايضا :ل. لانداو وآخرون :الفيزياء العامة ، الميكانيكا والفيزياء الجزئية (ترجمة د.أحمد صادق القرمانى ، دارمير للطباعة والنشر، موسكو ، ١٩٧٥) البند ٥٦، ص ٢٠٣ وما بعدها .
(٩) د. محمد عبد اللطيف مطلب : الفلسفة والفيزياء ، (دائرة الشئون الثقافية والنشر ، بغداد ، ١٩٨٥) ص ٥٩ . وايضا : معجم الفيزيقا الحديثة ، مادة "بقاء الطاقة" ، ج ١ ، ص ٥٢ .
(١٠) نفس المرجع ، ص ٥٩ - ٦١ .

١٨٣٢) ونظيره الالماني "رودلف كلاوزيوس" R. Clausius (١٨٢٢-١٨٨٨) في مجال الطاقة الحرارية.

٨٢- بدأت اسهامات" كارنو " في مجال الترموديناميكا بمقال وحيد نشره عام ١٨٢٤ تحت عنوان "أفكار حول القوة الحرارية المحركة " ، يعالج فيه مدى إمكانية تطوير الآلات البخارية التي تقوم بعملها وفقا لعملية دائرية : تبدأ بتسخين الماء في وعاء إسطوانى محكم مزود بكباس ، فيتحول الماء بذلك إلى بخار، ويفعل التمدد يودى البخار شغلا ميكانيكيا يتمثل فى دفع الكباس إلى أعلى ، ثم ينتقل البخار من خلال إحدى الفتحات إلى مكثف بارد ليعود فيه ماء كما كان ، وعلى إثر ذلك ينزلق الكباس إلى موضعه الأصلي الإبتدائى ، ولتبدأ بذلك دورة أخرى جديدة^(١١).

ويطرح "كارنو" فى بداية مقاله المذكور بعض التساؤلات : ماذا عن القوة المحركة للحرارة؟ هل هى قوة لا تنتضب ؟ وهل هناك حد للتحسينات الممكن إدخالها على المحركات البخارية ؟؟. ومن خلال إجابته عن هذه التساؤلات، أوضح "كارنو" أن فقدان بعض الحرارة أمر " ضرورى لتشغيل أى محرك بخارى. وأنه من المستحيل تحويل الحرارة المتلقاة بأكملها إلى شغل ميكانيكى : إذ لما كان تكثيف البخار هو فى جوهره عملية تبريد، فلا بد إذن من فقدان بعض الحرارة التي لا يمكن استردادها. وهكذا إكتشف "كارنو" أن على الحرارة أن تتحد من درجة عليا إلى درجة دنيا كيما تستطيع العمل. ولكنه لم يدر أنه بهذا الكثف كان يشير إلى واحد من أهم قوانين الترموديناميكا، ألا وهو القانون الثانى، الذى كان لـ "كلاوزيوس" فضل السبق

(١١) ولسون : الطاقة ، ص ٥٨ وايضا لانداو وآخرون : الفيزياء العامة ، البند (٦٣) ، ص ٢٣٤ وما بعدها.

إلى صياغته حين قال: "من المستحيل على آلة تعمل بصورة مستقلة - دون عونٍ من خارجها - أن تنقل الحرارة من جسم ما إلى آخر أعلى درجة". وفى عام ١٨٥٤ وضع الفيزيائى الإنجليزى "وليام طومسون" W.Thomson (١٨٢٤-١٩٠٧) -لورد كلفن - هذا القانون نفسه فى صورة مغايرة بعض الشيء فقال: "من المستحيل، بالوسائل المادية غير الحية، أن نحصل على أى أثر ميكانيكى من أى جزء كان من المادة بتبريده إلى درجة حرارة أدنى من درجة أبرد الأشياء المحيطة به". أما جوهر هذا القانون فهو التالى: "أن الحرارة لا تنتقل بصورة عفوية من مكان بارد إلى مكان حار"^(١٢).

٨٣- وبهذا القانون تعلن الترموديناميكا أول تضاد نظرى وتجريى مع الخواص الثابتة لقوانين الميكانيكا الأساسية^{*}. بل وتُرسخ أيضا واحدا من أهم مبادئها المميزة، وهو المبدأ المعروف بـ "لاإرتدادية" irreversibility العمليات الحرارية. فلو نظرنا مثلا إلى حركة الأجسام وفقا لقوانين الميكانيكا

(١٢) ويلسون : المرجع السابق ، ص ٥٨.

^{*} نعى بقوانين الميكانيكا الأساسية كالة لقوانين الميكانيكا التقليدية والمعاصرة ، والحقيقة أن تطورات الترموديناميكا كانت لها انعكاساتها الفلسفية والفيزيائية قبل وبعد النسبية والكم ، خاصة فيما يتعلق بمشكلة الزمان . وكان ينهى أن تزجل بعض النقاط حتى نهاية هذا الفصل ، ولكننا أثرنا عرضها فى هذا الموضع حتى لا نفقد الوابط بين الكشف الفيزيائى ونتاجه وإن كان ذلك يمثل بالبعد التاريخى لهذه النتائج.

^{**} هى الكلمة التى يوجها مجمع اللغة العربية بـ "اللامعكوسية" (معجم الفيزيكا الحديثة ، جـ ٢ ، ص ٢٧٠) ولكننا فضلنا ترجمتها بـ "الإرتدادية" تميزا لكلمة reverse التى تعنى "معكوس" أو "مقلوب" عن كلمة reflex التى تحمل نفس المعنى ، والتى استخدمناها من قبل فى وصف الأعداد اللامتناهية بأنها "منعكسة" (راجع الفصل الثانى ، فقرة ٦٦)

التقليدية، لوجدنا أنها "معقولة" بغض النظر عن التغيير في المؤشر الزمني. أى سواء كان الزمان ينساب إلى الأمام أو إلى الوراء. وهكذا لو أن جسما ألقي على الأرض بسرعة ماء، وبزاوية ماء، فليس من المستحيل نظريا إرتداد المؤشر الزمني ليعود الجسم إلى موضعه الأصلي بنفس السرعة وينفس الزاوية^(١٣)، تماما كما لو كنا نحرك فيلما سينمائيا بعكس إتجاهه الأصلي.

ولأنف هذه القابلية للإرتداد عند حدود القوانين النيوتونية فحسب، ولكنها تتعداها لتشمل كافة قوانين الظواهر الكهرومغناطيسية Electro-magnetic والكمائية Quantum والنسبوية Relativistic التي ظهرت بعد ذلك^(١٤).

فالجسيمات الذرية مثلا لا تكترث إطلاقا بإتجاه سهم الزمان، وليس هناك ما يمكن إستنباطه من دراستها بحيث يوحى لماذا ينبغي على الزمان أن ينساب فى إتجاه دون آخر. وتعرف هذه اللامبالاة التي تنصف بها الجسيمات الذرية والقوانين الفيزيائية نحو إتجاه سهم الزمان بـ"تمائل إرتداد الزمان" Time-reversal symmetry^(١٥).

أما فى الترموديناميكيا، فإن إرتداد العمليات الحرارية بالمؤشر الزمني أمر مستحيل تماما، ولو حدث وتلامس جسمان بدرجتى حرارة مختلفتين، فإن

(١٣) لاندوا وآخرون : المجمع السابق ، الهند (٦٢) ، ص ٢٣٩ . وأيضا : نوربرت فينر : السيرونكا (ترجمة د. رمسيس شحاتة & د. اسحق ابراهيم حنا ، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٧٢) ص ٥٩.

(14) See : Van Fraassen : OP. Cit , p.86, also : jacob, F.: The possible and the actual, university of Washington press, Seattle and London , 1982, p 52.

(١٥) إين نيكلسون : "الزمان المتحول" ، فى كتاب : كولن ولسون ، جون جرانث : فكرة الزمان عبر التاريخ (ترجمة فؤاد كامل ، مراجعة شوقي جلال ، سلسلة عالم المعرفة ، الكويت ، العدد ١٥٩ مارس ١٩٩٢) ص ٢٥٤.

الجسم الأكثر سخونة لا بد وأن ينقل حرارته إلى الجسم الأقل سخونة. ولكن العملية العكسية، أي الانتقال الذاتي المباشر للحرارة من الجسم الأقل سخونة إلى الجسم الأكثر سخونة، فلا يمكن أن تحدث أبداً^(١٦).

كذلك الحال لو تركنا قدحا من الشاي المغلى فى 'غرفة' مغلقة، حيث لا بد وأن يستمر الإستنزاف الذاتى لحرارة القدح حتى تصل الغرفة بكافة انحاءها ومشتملاتها إلى درجة حرارة واحدة، أو إلى ما يعرف بحالة "الإتزان الحرارى thermal equilibrium" أما إستجماع هذه الحرارة من جو الغرفة وإرتدادها ذاتيا إلى القدح مرة أخرى فأمر مستحيل تماما^(١٧).

وبهذا المعنى تكون جميع العمليات الحرارية التى تحدث فى الطبيعة عمليات لا إرتدادية. فلو استبدلنا الكون كله بالغرفة المغلقة، فسوف يصل الكون فى يوم ما إلى ما يُسمى بحالة "الموت الحرارى heat death"، حيث تكون كل اشكال الطاقة قد تحولت إلى حرارة وكل حرارة قد وزعت على الكون بالقسطاس. وهذا يعنى فى النهاية أنه ما من "شغل" سيكون مستطاعا^(١٨). وكما يصف "كلاوزيوس" هذه الحالة بنحت كلمة "الأنتروپيا" *

(١٦) لانتو وآخرون ك المرجع السابق ، البند (٦٢) ص ٢٣١ - ٢٢٠ .

(17) Lucas , : A Treatise on Time and Space , OP .Cit , p.52.

(18) Van Fraassen : OP .Cit. P.90.

وأيضاً : ويلسون : الطاقة ، ص ٩٥ .

* "الأنتروپيا" كلمة من أصل إغريقى تعنى التعبير . كان "كلاوزيوس" هو أول من إستخدمها كمقياس لحالة القوضى التى تتجه إليها الجسيمات المادية فى نظام ما مغلق . ووفقا للقانون الثانى للثرموديناميك ، فإن أنتروپيا النظام لا بد وأن تميل دائما إلى الزيادة . على سبيل المثال ، لو كلن لدينا قهراً من القهوة وقهراً من اللبن ، فهنا يكون لدينا درجة من النظام من حيث أن هذه القهوة وذلك اللبن كل منهما منفصل عن الآخر . فإذا صبينا الآن شيئا من كل منهما =

Entropy كميّاس لمستوى الطاقة في الكون، والانتروبيا القصوى Higher entropy هي الإصطلاح الذي يقابل حالة الإتزان الحرارى، حيث تمسى كل الأشياء في الكون عند درجة حرارة واحدة^(١٩).

٨٤- وكان من الطبيعي أن تلقى تطورات الترموديناميكا بظلالها على مشكلة الزمان. فمن ناحية، بدأ الشك يتطرق إلى البناء الزماني المطلق الذي تصوّره نيوتن كخط مستقيم متجانس، ينساب منذ الأزل وإلى الأبد بسرعة متساوية. فلو كان هذا التصور صحيحا ، فمعنى هذا إستقلال التدفق الزمنى عن مجرى حوادث العالم دون بداية أو نهاية. ولكن ها هي الترموديناميكا تنبؤنا بأن الكون مألّه إلى فناء، وتؤكد على الترابط الوثيق بين الأنات الزمانية المتدفقة، وبين تصاعد الأنتروبيا الكونية التى تحملنا معها إلى نقطة اللا

على فجان وحركنا المزيج فاننا نحصل على قهوة يبعث . ولاسيبل إلى أن ينفصل هذا المزيج بفتة ليعود إلى تكوينه الاساسين . وعلى هذا يمكن القول بأن أية عملية تزايد فيها انتروبيا النظام تكون عملية لائرتدادية وكلما كان تزايد الأنتروبيا كبيراً كلما كانت درجة اللائرتدادية كبيرة، وذلك نظراً للحركة العشوائية اللامتظمة واللألمحكومة للجزيئات المادية اللامتامة العدد، والتي تستلزم حساب مواضعها الصغيرة بشكل عشوائى عدداً لا قبل لنا به من المعادلات. ولهذا السبب نقل الفيزيائى النمساوى "لودفيج بولتسمان" L. Boltzmann (١٨٤٤-١٩٠٦) مفهوم الأنتروبيا إلى مجال الاحمال الاجصائى، حيث صارت زيادة الأنتروبيا تعنى إمكانية إنتقال النظام من حالة أقل إحتمالاً إلى حالة أكثر إحتمالاً. انظر:- لين نيكلسون : الزمان المتحول، ص ٢٥٢-٥٣.

- لانساو وآخرون : الفيزياء العامة، البند (٦٥)، ص ٢٣٩ - ٤٢.

See also, Van Fraassen : OP-Cit, pp 89-92 & Boltzmann, l: lectures on gas theory, trans by S.G.Bruch, University of california press, Berkeley, 1964, pp 446 FF.

(١٩) ويلسون : الطاقة، ص ٥٩.

عودة . وهكذا عادت فكرة "لينتر" عن الزمان النسبي الإدراكي (ف ٣٧) لتصل برأسها من جديد، ولتهد بذلك الطريق لظهور النسبية الفيزيائية لأينشتاين مع بداية هذا القرن. ومن ناحية أخرى، لاحت في الأفق بوادر اعتراضات فلسفية قوية على فكرة سريان الزمان ذاتها. إذ لو كان الزمان متدفقا، فمعنى هذا أنه يتحرك، ولو كان متحركا، فلا بد وأن تقاس سرعته في ضوء نوع من الزمان أكثر أساسية أو أن يكون البديل هو أن ينساب الزمان بالنسبة لنفسه وهذا باطل منطقيا^(٢٠).

وكمخرج لهذه الأزمة حاول الفيزيائيون محاصرة المشكلة بنبذهم لفكرة إتسياب الزمان برمتها، وبإحلالهم لفكرة أن الزمان أو الصيرورات الزمانية "لامتائية" asymmetric^(٢١). الأمر الذي يدفع بالمشكلة إلى منعطف جديد ، ألا وهو البحث في البنية التوبولوجية لمتصل الزمان^{*}. ولنتوقف قليلا عند هذه النقطة.

إننا نعرف أن المكان "متماثل" في كافة الاتجاهات ، أو لنقل بلغة الفيزياء أنه "موحد الخواص" Isotropic. فماذا إذن عن الزمان ؟ هل هو متماثل كالمكان ؟ أم أنه "متباين الخواص" anisotropic وفقا لعلاقة لا تماثلية^{**} بين أثنائه ؟ . بعبارة أخرى ، هل للزمان البنية التوبولوجية التي للخط المستقيم ؟ وإذا كان كذلك فهل لهذا الخط اتجاه وحيد تفرضه علاقة

(٢٠) إين نيكلسون : المرجع السابق، ص ١٧٢.

(٢١) نفس المرجع ، ص ص ٢٥٠-٥١.

^{*} حول معنى البنية التوبولوجية راجع الفصل الثاني ، فقرة (٥٠) .

^{**} وحول معنى العلاقة اللامتماثلية ، أنظر الفصل الثاني ، فقرة (٦٨) .

ترتيب لا تماثلية بين نقاطه ، بحيث يبطل القول بإرتداد الحوادث الزمانية . فى عكس هذا الاتجاه ؟^(٢٣) .

الحق أننا لو نظرنا إلى ظواهر الكون الكبير ، لوجدنا سهم الزمان يشير إلى اتجاه واحد فقط نحو المستقبل . تؤكد ذلك عمليات التطور البيئى و البيولوجى التى تبدو بلا رجعة . وتؤكدده أيضا طبيعة العمليات الحرارية اللاإرتمادية التى أقرها القانون الثانى للثرموديناميك^(٢٤) . أما لو نظرنا إلى قوانين الفيزياء الميكانيكية - بما فيها قوانين النسبية والكم - فن نستطيع أن نجد دليلا على طبيعة الزمان ذات الاتجاه الواحد . فأين الحقيقة إذن؟ .

لاشك أننا سنواجه بعالم غريب لو أتيح لنا مشاهدة الزمان منسابا إلى الوراء ، فسوف ينكص الطاعنون فى السن متجهين صوب الطفولة ، والمباني المنهارة سوف ترتفع من التراب لتستأنف حالاتها الأصلية القديمة . وسوف تتلاشى الأمواج على حبات الحصى التى سوف تنقز فى أيدي الناس الذين قذفوا بها ذات يوم إلى الماء ، وهلم جرا . وستكون الحياة أشبه بشرط سينيمائى يدور إلى الوراء . ولا توجد أية شواهد لتأييد إمكانية هذا الحدث ، كما لا يوجد أى احتمال على أن العمليات الزمانية يمكن أن ترتد بعكس اتجاهها^(٢٥) . لكن هناك إمكانية أخرى ، هى أن يكون الزمان مغلقا توبولوجيا ، أى أن تكون البنية التوبولوجية له هى تلك التى للدائرة . ومعنى

(22) See Van Fraassen , OP. Cit , P60

(٢٣) إين نيلكسون : المرجع السابق ، ص ٢٥٩ - ٥٢ .

(٢٤) نفس المرجع ، ص ٢٥٥ . وراجع أيضا الفصل الرابع من هذا البحث (ف ١٢٩ - ١٣٠) ، حيث يقرب "رسل" من هذا المعنى بمصادره عن الاتصال الزمكاني .

هذا أن يعود الكون بعد إتمام دورته الزمانية ليبدأ دورة أخرى جديدة هي تكرار لدورته القديمة^(٢٥).

ورغم وجاهة هذه الفكرة ، إلا أنه لا يوجد أى دليل فيزيائى على صحتها ، وإنما هو مجرد فرض طرح قديما ، وي طرح الآن ، وربما يعود إليه الإنسان يوماً ما فى المستقبل طالما ظل يفكر فى طبيعة الزمان .

٨٥-بقى أن نشير إلى نقطتين أخيرتين ترتبطان بمبدأ اللاتبادلية الزمانية ، وإن كانتا تؤديان إلى طريقتين مختلفتين تماماً ، تنحصر النقطة الأولى فيما خلفه هذا المبدأ من أصداء فلسفية واسعة ، ساهمت فى تدعيم بعض الرؤى الميتافيزيقية لمفهوم الاتصال حيث تندفع "برجسون" على سبيل المثال إلى

(25) OP. Cit, P62.

* يذكرنا هذا الفرض بنظرية "التكرار الأبدى" Eternal recurrence التى لجأ إليها الإنسان فى مرحلة الفلاسف الأولى قبل "سقراط" ، والتى تحمس لها الفيلسوف الألماني "فريدرىك نيتشه" F.Nietzsche (١٨٤٤-١٩٠٠) فى أواخر القرن التاسع عشر . ومجمل هذه النظرية ، أن الزمان ليس إلا دائرة مغلقة تتكرر عليها الحوادث دائماً أبداً . ولما كان من المستحيل نظرياً ترتيب النقاط على الدائرة وفقاً لعلاقى "قبل" و "بين" المستخدمين فى ترتيب النقاط على الخط المستقيم ، فقد إنبرى الرياضى الإيطالى "جيوفانى فايلاتي" G.Vailati لبحث هذه المسألة ، ونجح فى إقرار علاقة جديدة للترتيب الدائرى ، عرفت بعلاقة "الانفصال الزوجى" Piar separation . ولتحوى هذه العلاقة أنه إذا كانت ا ، ب ، ج ، د أربع نقاط على الدائرة وأردنا ترتيبها ، فمن الممكن أن نقول أن الزوج (ا ، ج) يفصل بين الزوج (ب ، د) ، تماماً كما يفصل العددان (٧ ، ٣) بين (٥ ، ٥) صفى أو بين (٥ ، ٥) مالا نهائية . وقد وضع "فايلاتي" خمس بديهيات رأى أنها كافية لتكوين التسلسلات من علاقة الانفصال الزوجى الرباعية الحدود .

See For more detail :Op, Cit , pp66 FF.also Danto,A:Nietzsche as philosopher, macmillan,N.Y 1965 , pp 205-209.

وأيضاً رسل : أصول الرياضيات ، ح ٣ ، ص ١٧ ، ١٦ .

تأكيد الفرق بين "زمان" الفيزياء القابل للإرتداد الذى لا يستجد فيه جديد، والزمان الحيوى التطورى غير القابل للإرتداد الذى يكون فيه ثمة جديد دائما^(٢٦). وبهذه الرؤية يحصر "برجسون" حقيقة الاتصال فى إطار فكر حدى ميتافيزيقى لاسبيل إلى بلوغه بالتهج العلمى الميكانيكى (ف ٩).

أما النقطة الثانية فعلى خلاف الأولى تؤكد مفهوم الاتصال بالمعنى العلمى الرياضى الذى هاجمه "برجسون" بشدة . فعلى الرغم من أن اللاإرتدادية الزمانية تنتم فى جوهرها بطابع إحصائى، تفرضه الحركة العشوائية لجزيئات النظام اللامتناهية العدد، إلا أنها توصف "ثرموديناميكيا" وفق "متصل من الاحتمالات" *continuum of probabilities* لحركة الجزيئات ككل ، وذلك بدلا من قيمتى الصدق المنفصلتين (صادق وكاذب) اللتين إستخدماه "تيوتن" فى وصف حركة كل جزيئ على حدة^(٢٧).

وتفصيل ذلك أنه بينما كانت الميكانيكا التقليدية تتعامل مع نقاط مادية مفردة، يمكننا نظريا تحديد مواضعها الابتدائية والوسيطه والنهائية بدقة كافية، ووصف اتصالها بالمعنى الهندسى او الدالى الذى قال به "تيوتن" (ف ٣٨)، فإن الثرموديناميكيا على العكس من ذلك ، تتعامل مع حشد من النقاط ذات الحركة العشوائية اللا منتظمة . ولذا تلجأ إلى تعميم قيم الصدق النيوتنينة داخل صف متصل من قيم الاحتمال، لا بالمعنى المكائى الذى تصوره "تيوتن" ، ولكن بالمعنى التحلىلى المجرد الذى قال به كل من "ديديكند" و"كانتور"^(٢٨) (ف ١٩٠٦).

(٢٦) نوبيرت فينر: السير تيكا ، ص ٦٦.

(27) Lucas: A Treatise on time and Space, op. Cit, p. 258 ,
Lucas: Space, Time , and causality ,p188.

(28) Lucas : A Treatise ... , p259.

٨٦- طبيعة الضوء . The nature of light

يُمثل البحث في طبيعة الضوء بُعداً آخر من أبعاد التمرد على ما يمكن أن نسميه بمحدودية النسق النيوتوني إزاء الحقائق التجريبية. كما يُمثل أيضاً مدخلاً لعبور الفيزياء إلى عالمي النسبية والكم مع بداية القرن العشرين. ولكي نفهم هذا التمرد لابد وأن نعود إلى الوراء قليلاً. وبالتحديد إلى النصف الثاني من القرن السابع عشر، حيث كانت هناك نظريتان متافرتان تصفان طبيعة الضوء، وإن كانت كل منهما تفترض الصلاحية العامة للميكانيكا التقليدية لتطبيقها على جميع ظواهر الحركة الضوئية^(٢٩).

تصور نيوتن خلال النظرية الأولى أن الضوء يتكون من أعداد لا نهائية من جسيمات particles دقيقة تذفها الأجسام المضينة في كل اتجاه كسطايا قنبلة دائمة الانفجار^(٣٠). هذه الجسيمات - كما هو متوقع من حركتها - تنتشر في خطوط مستقيمة، وتخضع تماماً لقوانين الميكانيكا النيوتونية. وتلك هي النظرية الجسيمية Corpuscular theory للضوء التي نشرها نيوتن لأول مرة عام ١٦٧٠ في إحدى المجالات العلمية ثم فصلها عام ١٧٠٤ في كتابه الشهير "البصريات" optics^(٣١).

أما النظرية الثانية، وتعرف بالنظرية الموجية undulatory (Wave) theory، فقد تحمس لها الفيزيائي الهولندي "كريستيان هايجنز" C. Huygens (١٦٢٩-١٦٩٥) الذي أعلن عام ١٦٧٨ في محاضرة أمام

(٢٩) فيليب فرانك : فلسفة العلم، مرجع سابق، ص ١٦٦ .

(٣٠) يانيس هوفمان: قصة الكم المثيرة (ترجمة د. أحمد مستجير، المؤسسة المصرية العامة للتأليف والنشر، القاهرة، بدون تاريخ) ص ٨.

(٣١) د. محمد علي العمر : مسيرة الفيزياء، مرجع سابق، ص ٤١ .

الجمعية العلمية الفرنسية، أن قولم الضوء "موجات مرنة" Elastic Waves مماثلة لتلك التي يحملها الهواء من مصدر الصوت لتسبب الإحساس بالسمع. ولما كان الضوء ، بعكس الصوت، يمكنه الإنتشار فى الفراغ Vacuum، فضلا عن سرعته الرهيبة - المتناهية - (٣٠٠,٠٠٠ كم/ث = 3×10^{10} 'م/ث') ، والتي تبلغ سرعة الصوت بالقياس إليها حوالى جزء من المليون^(٣٢). فلقد افترض "هايجنز" أن الحيز الكونى يمتلئ بوسط رقيق مرن، هو "الأثير"، وظيفته حمل الموجات الضوئية الفاتكة السرعة، وأن هذا الوسط يخضع أيضا لقوانين الميكانيكا النيوتونية^(٣٣).

٨٧- ولم يكن غريبا أن يرفض "نيوتن" هذه النظرية، وأن يتمسك بالبناء الجسيمي النقطى للضوء. فالنقاط المادية هى عصب النهج الميكانيكى العام

* كانت أول محاولة تجريبية لقياس سرعة إنتشار الضوء هى تلك التى قام بها "جاليليو" عام ١٦٠٧، حين حاول قياس القوة الزمنية المتفحظة بين إرسال شعاع من الضوء إلى نقطة ما ، وإستقبال شعاع آخر ينطلق من نفس النقطة بمجرد وصول الشعاع الأول إليها. وعلى الرغم من أن محاولته لم تسفر عن نتيجة إيجابية، إلا أن اكتشافه لأقمار كوكب المشترى Jupiter أدى إلى توفير الأساس الذى اعتمدت عليه المحاولة التالية التى قام بها الفلكى الداينركى "رومر" Roemer (١٦٤٤-١٧١٠) فى عام ١٦٧٦ توصل "رومر" بملاحظته لحسوف الأقمار المشوى إلى أن سرعة الضوء تساوى تقريبا ٢١٥,٠٠٠ كم/ث . ثم توالت بعد ذلك محاولات التأكد من هذه القيمة حتى وصلت الآن إلى ٢٩٩,٧٩٢,٩ كم/ث، وتلك هى سرعة الضوء الحقيقية على وجه الدقة ، وإن كنا نقول مجازا أنها ٣٠٠,٠٠٠ كم/ث

See : Text book of elementary physics, Vol (3), pp . 297-300.

(32) Textbook, vol (3) , p 154 .

(٣٣) فيليب فرانك : المرجع السابق ، ص ١٦٦ .

الذى إتبعه فى وصف الحوادث الفيزيائية . بل إنها فى رأيه هى الممثل الوحيد للواقع بقدر ما يستطيع هذا الواقع التغيير^(٣٤).

وإستنادا إلى ما سبق ، بالإضافة إلى ظاهرة "الظل" التى تنفى القول بطبيعة موجبة للضوء ، راح نيوتن يثبت ان النظرية الجسيمية تفسر الوقائع البصرية المعروفة آنذاك ، كإنتقال الضوء فى خطوط مستقيمة ، وإعكاسه فى المرآتى، وانكساره فى الاجسام البللورية^(٣٥).

لكنه فشل رغم ذلك فى الإجابة عن التساؤل الخاص بمصير تلك النقاط الضوئية اذا ما حدث إمتصاص للضوء . كما بدا من غير المعقول أن نسلم بوجود نقاط مادية من أنواع جد مختلفة ، كان ينبغى فرض وجودها لكى تقوم بتمثيل المادة ذات الوزن من ناحية ، والضوء من ناحية اخرى^(٣٦).

أما "هايجنز" فقد كان من الشجاعة بحيث إستطاع أن يواجه "نيوتن" بفرض مختلف تماما ، رأى أنه يقدم تفسيراً أفضل لظاهرتى الإعتكاس والانعكاس* ، وإن كان يستلزم بعض الوقت لتفسير ظاهرة الظل التى تؤكد

(٣٤) آينشتين : افكار وآراء ، ص ٥٤.

(٣٥) محمود أمين العالم : فلسفة المصادفة ، ص ٢٧١.

(٣٦) آينشتين : المرجع السابق ، ص ٥٥.

* الإنعكاس reflection هو تغير الشعاع الضوئى لإتجاهه فى وسط ما عندما يصطدم بسطح وسط آخر . أما الإنكسار refraction فهو تغير الشعاع الضوئى لإتجاهه عندما ينفذ خلال سطح يفصل الوسط الأسمى له عن وسط آخر . (معجم الفيزيكا الحديثة ، ج ٢ ، مادتى "الإنعكاس" و "الإنكسار" ، ص ٢٦٢ ، ص ٢٦٣). وقد فسر نيوتن ظاهرة الإنعكاس بأن أحصى على الجسيمات الضوئية صفة ذبلية غريبة لاتتسم بها جسيمات المادة ذات الوزن ، فجعلها شبيهة فى حركتها ، لابلقات الرصاص ، ولكن بالتطبيق التام للظهور . ومن الواضح أن نيوتن =

انطلاق الشعاع الضوئي في خط مستقيم ، وعدم انحرافه عند الزوايا كما هو متوقع من سلوك الموجات .

ويقتضى الفرض الذي عُرف فيما بعد بـ "مبدأ هايجنز" Huygens' principle بأن الأشعة الضوئية ما هي إلا "تذبذبات" Oscillations في الأثير. يمكنها الانتشار في صورة موجات كروية Spherical أو مستوية Plane تبعاً للشكل الذي يتخذه "صدر- أو سطح-الموجة" Wave-front في كل لحظة. ويمكن اعتبار كل نقطة في هذا المصدر كمصدر فرعي ينشر الموجات الثانوية (موجات) Wavelets في كل اتجاه بالسرعة المميزة للوسط (أي للأثير). ويتجمع هذه الموجات نحصل على المصدر الجديد للموجة. وهكذا ينتقل صدر الموجة متخذاً شكلاً جديداً في كل موضع وفي كل لحظة (٣٧).

وعلى الرغم من أن النظرية الموجية كان لها من يناصرها حتى في عصر "نيوتن"، فضلاً عن إقناع "نيوتن" نفسه بأن ظاهرة التحلل الطيفي لشعاع الضوء حال نفاذه من منشور زجاجي، تؤيد النظرية الموجية، إلا أن عدم إقناعه بفكرة الأثير كان عاملاً هاماً من عوامل سيادة النظرية الجسيمية

سيكاد يقرب بهذا التفسير من النظرية الموجية ، وإن ظل يرفضها بشدة تجنباً للقول بفكرة الأثير . أما الإنكسار فقد فسره نيوتن باختلاف التأثير على الجسيمات في وسط عن الآخر . بينما أعطاه هايجنز تفسيراً أدق ينحصر في اختلاف سرعة الموجات الضوئية بين الوسطين .

See : Textbook , Vol (3) pp 269 - 71.

وأيضاً : هرفمان : قصة الكم المثيرة ، ص ٩-١٠ .

(37) Text book , vol (3) , pp 268 - 69.

لما يقرب من قرنين من الزمان^(٣٨). وكان لابد من إنتظار تجربة حاسمة تتكفل بتصفية إحدى النظريتين وتأييد الأخرى.

٨٨- ومع بداية القرن التاسع عشر، بُعثت النظرية الموجية من جديد بفضل أعمال الفيزيائي الإنجليزى "توماس يونج" T.Young (١٧٤١-١٨٢٠) الذى قدم تفسيراً وافياً لظاهرة "التداخل" Interference الضوئى يدعم القول بالموجات. وكان "هايجنز" قد بنى رفضه لنظرية نيوتن على حقيقة أن الجسيمات لابد وأن ترتطم ببعضها البعض إذا ما إلتقى شعاعان من الضوء، أو مر أحدهما خلال الآخر، الأمر الذى تنفيه الشواهد التجريبية^(٣٩). ولم يستطع "هايجنز" تقديم التفسير النظرى لهذه الظاهرة ، حتى أثبت يونج عام ١٨٠١ تطابق حركة الموجات الضوئية وحركة موجات الماء، ذلك أن إلتقاء سلسلتين من الموجات، بحيث تتلقى ذرى إحداهما مع ذرى الأخرى ، يؤدى إلى تكوين سلسلة من الذرى أشد إرتفاعا. أما لو إلتقت ذرى إحداهما بقواعد الأخرى، فسوف تمثل القواعد عن آخرها بالذرى القادمة، لتنتج فى النهاية سلسلة مستوية من الموجات^(٤٠). وهكذا فالتداخل أمر تقتضيه طبيعة الضوء من حيث هو حركة موجية، لا من حيث هو جسيمات منطلقة كما افترض "نيوتن".

(٣٨) أنظر : آينشتين : المرجع السابق، ص ١٠٢ ، وأيضاً :

- د. محمد على العمر : مسيرة الفيزياء ، ص ٤٩ .

- كولنجوود : فكرة الطبيعة (ترجمة د. أحمد جدى محمود، مراجعة د. توفيق الطويل ،

الهيئة العامة للكتب والأجهزة العلمية ، القاهرة ، ١٩٦٨) ص ١٧١-٧٢ .

(٣٩) هولمان : المرجع السابق ، ص ١٠ .

(٤٠) محمود أمين العالم : فلسفة المصادفة ، ص ٢٧٢ .

ومن ناحية أخرى ، تمكن الفيزيائي الفرنسي "أوغسطين فرينيل" A. Fresnel (1788-1827) من تفسير ظاهرة الظل التي تخرج بها "تيوتن" في قوله بالجسيمات ، فأوضح أن موجات الضوء هي مجرد تملوج لا تريد المسافة فيه بين قمتي موجتين متتاليتين على $1/50,000$ من البوصة أو نحو ذلك، وعندما يسير شعاع موجي بهذا الطول فإنه لايعانى كثيرا من الانحراف أو التباعد أو الحيود Diffraction أما إذا كانت الموجة طويلة، فإن الشعاع يتوزع بسرعة وينحرف عند الزوايا كما يفعل الصوت^(٤١).

ولم يمض وقت طويل بعد وفاة "فرينيل" حتى استطاع الفيزيائي الفرنسي "ليون فوكوه" L. Foucault (1819-1868) إجراء التجربة الحاسمة المنتظرة للفصل بين النظريتين، مستندا في ذلك إلى الخلاف الكمي الوحيد بينهما، ألا وهو مقدار سرعة إنتشار الضوء خلال الماء. فطبقا للنظرية الجسيمية، ينتقل الضوء خلال الماء بسرعة أكبر من سرعة إنتقاله خلال الهواء (بسبب زيادة التجاذب المتبادل بين الجسيمات في الوسط الأكثر كثافة) أما النظرية الموجية فتتضمن بأن سرعة إنتقال الضوء في الماء أقل منها في الهواء. وأثبت "فوكوه" بتجربته الحاسمة أن الضوء ينتقل في الماء بسرعة أقل من سرعة إنتقاله في الهواء، بل وينقص القدر الذى قالت به نظرية الموجات^(٤٢).

وهكذا شهد منتصف القرن التاسع عشر (١٨٥٠) أقول نجم النظرية الموجية للضوء (مؤقتا)، ويزوغ نجم جديد في أفق الفيزياء، يرسل أشعته وفقا لقوانين الميكانيكا التقليدية، ولكنها في النهاية أشعة من طبيعة موجية.

(٤١) د. محمد على العمر : المرجع السابق ، ص ٤٨.

(٤٢) فيليب فرانك : فلسفة العلم ، ص ١٦٦.

ونخلص من ذلك إلى نتيجة هامة. تتمثل في تأكيد النظرية الموجية لإتصال الحركات الضوئية في الزمان وعبر المكان. وهو بلا شك إتصال مختلف عن ذي قبل، ولكنه مع ذلك لا يحمل معه تغيير" يذكر في الأسس الميكانيكية للفيزياء. فكما رأينا، لم يكن الخلاف بين النظريتين- الموجية والجسيمية -خلافاً كمياً، اللهم إلا في نقطة واحدة لا تؤدي إلى زعزعة يقين القوانين النيوتونية. وإنما كان خلافاً كيفياً، منشأه تصور كل فريق لطبيعة المتصل الضوئي . فبينما هو عند "نيوتن" وأتباعه متصلاً من الجسيمات المنطلقة في خط مستقيم، يراه "هايجنز" ومؤيديه متصل من الموجات، أو من ذبذبات الأثير. وسوف نرى كيف أدى هذا التصور الأخير إلى نشأة مفهوم "المجال" Field الذى يوجد فيه الفيزيائيون حلاً مقنعاً لمشكلة الاتصال الكوني، تلك التى وقف نيوتن أمام غموضها حائراً، فعبر عنها بمصطلح أشد غموضاً، هو "التأثير عن بُعد" Action at a distance .

ج- المجال الكهرومغناطيسى Electromagnetic field .

٨٩- على الرغم مما أحرزته النظرية الموجية من نجاح وما توافر لها من أدلة وشواهد دامغة، إلا أنها لم تكن هى الكلمة الأخيرة للعلم بشأن طبيعة الضوء. وعلينا أن نتذكر أننا مازلنا فى رحاب الميكانيكا الكلاسيكية. ولم نتطرق بعد إلى التطورات العلمية فى القرن العشرين، بكل ما تحمله من توسعات نظرية، وما تحقّقه من إنجازات عملية. ولو أردنا وصفاً دقيقاً لموقع النظرية الموجية فى تاريخ العلم، لقلنا - بلغة الفيلسوف والفيزيائى الأمريكى "توماس كون" T.Khum (١٩٢٢-) أنها كانت تمثل نموذجاً إرشادياً لفيزياء البصريّات وما يرتبط بها خلال النصف الثانى من القرن

التاسع عشر^(٤٣) . بمعنى أن معظم ما شهدته تلك الحقبة من بحوث فيزيائية ، إنما كان إمتداداً لهذه النظرية وتطويراً لها .

ولعل أهم هذه البحوث هو ما قدمه الفيزيائي الإنجليزي "ميشيل فاراداي" M.Faraday (١٧٩١-١٨٦٧) ونظيره الإسكتلندي "جيمس كليرك ماكسويل" J.k.Maxwell (١٨٣١-١٨٧٩) فى ميدانى الكهرباء والمغناطيسية .

كان إهتمام "فاراداي" منصبا على توصيف العلاقة بين الظواهر الكهربائية والمغناطيسية وتأثيراتها المتبادلة^{*} . ومن خلال تجاربه الرائدة فى هذا الميدان ، أدرك "فاراداي" قصور القانون العام لنيوتن فى الجاذبية (ف

(٤٣) توماس كون : بنية الثورات العلمية ، مرجع سابق ، ص ٤٣ .

^{*} من المعروف أن الشحاحات الكهربائية الساكنة تؤثر على بعضها البعض بقوة تسمى بالقوى الكهروستاتيكية electrostatic forces . فإذا تحركت هذه الشحاحات بالنسبة لبعضها ، نشأ بسبب حركتها قوى إضافية تعرف بالقوى المغناطيسية magnetic forces وأبسط مثال لهذه الأخيرة ، تلك القوة التجاذبية - أو التنافرية - التى تنشأ بين سلكين يمر بهما تيار كهربائى . وكان الفيزيائي الدانمركى "كريستيان أورستيد" C. Oersted (١٧٧٧-١٨٥١) هو أول من اكتشف العلاقة المتبادلة بين الظواهر الكهربائية والمغناطيسية ، حين لاحظ عام ١٨١٩ أن الإبرة المغناطيسية تنحرف إذا قرب منها سلك يحمل تياراً كهربائياً . وفى عام ١٨٣١ وجد "فاراداي" أن تياراً كهربائياً حثطاً ينشأ فى دائرة كهربائية عند توصيل أو قطع التيار فى دائرة أخرى مجاورة لها . وتلى ذلك إكتشاف أن هذا التيار اللحظى ينشأ أيضاً عند تقريب أو إبعاد مغناطيس من الماتورة ، فيما عُرف بظاهرة "الحث الكهرومغناطيسى" electro magnetic induction . ومن الثابت الآن أن جميع الظواهر المغناطيسية تنشأ عن القوى الموجودة بين الشحاحات الكهربائية المتحركة .

See Textbook , vol (2) , pp 231-232, . pp 288 FF.

See for more detail: Purcell , E.M : Electricity and Magnetism, Berkeley , physics course 2,N.y,1965.

(٣٣) عن تفسير طبيعة الاتصال التجاذبي بين النقاط المادية. إن هذا القانون يتيح لنا تحديد "مقدار" القوة المؤثرة بين جسمين متجاذبين - أو متنافرين - كالأرض والقمر ولكنه لا يخبرنا بشئ عن ماهية هذه القوة، ولا عن كيفية عملها خلال الفضاء الممتد الذى يبدو خالياً. فكيف يمكن للقمر أن يحرك مياه المحيطات بدون سلسلة من الاتصالات المستمرة بين القمر والأرض على هيئة حزمة من الخيوط أو المطاطات ، أو بدون سائل ينقل الضغط أو التوتر المستمر ؟ ليس من حقنا أن نتساءل : ما الذى يقوم فى الحقيقة بدور الخيوط والمطاطات أو السوائل ؟؟ (٤٤).

وللإجابة عن هذا التساؤل أقترح "قاراداي" وجود "هالة لا مرئية" invisible halo من التأثيرات الناجمة عن المادة ، والممتدة خلال المكان بين الأجسام المختلفة (٤٥). هذه الهالة من التأثيرات ، يمكن الاقتناع بوجودها إذا تصورنا المغناطيس أو المشحنة الكهربائية المتحركة، كأخطبوط ضخم له زوائد عديدة يرسلها فى كل الاتجاهات. وعن طريق هذه الزوائد التى أطلق عليها "قاراداي" اسم "خطوط القوى" Lines of force يستطيع الجسم المادى أن يقوم بعملية الجذب والتنافر (٤٦) .

وهكذا أصبح الفضاء المحيط بالمادة ، فى نظر "قاراداي" ، على درجة كبيرة من التعقيد ، إذ يحتوى على عدد كبير من الخطوط المنحنية التى تساعدنا فى النهاية على فهم التفاعل والاتصال بين النقاط المادية المتباعدة ، أو المنفصلة على مستوى الرؤية العادية.

(٤٤) جينز : الفيزياء والفلسفة ، ص ١٥٩ .

Also Lucas : Space , Time and Causality , P. 176.

(45) Davies , P. : Super force , OP. Cit, P60.

(٤٦) هولمان : قصة الكم الحديثة ، ص ١١-١٢ .

٩٠- وربما كان الخروج من مأزق "التأثير عن بعد"، عن طريق نظرية "خطوط القوة" لفاراداي، هو أعمق تطور شهدته الفيزياء منذ أيام نيوتن*. ولكنه مع ذلك كان ينقصه التحديد الرياضى اللازم لأية نظرية فيزيائية. ولم يكن القيام بهذا العمل أمراً سهلاً، إلا أنه وجد طريقه إلى التحقق حين وجه "ماكسويل" إهتمامه الشديد لأراء فاراداي. فصاغ هذه الأراء فى أربع معادلات تفاضلية جزئية*، تصف سلوك القوى الكهربائية والمغناطيسية الناجمة عن الشحنات والتيارات الموجودة فى النظام الفيزيائى فى جميع الظروف المقبولة تقريباً^(٤٧).

وبهذا الإنجاز الذى يُعد نتيجاً لجهود "فاراداي"، عرفت الفيزياء واحداً من أهم المفاهيم النظرية عبر تاريخها، ألا وهو مفهوم "المجال"، الذى أصبح يشكل الأساس لكافة النظريات الفيزيائية، بدءاً من نظريات الكهرومغناطيسية، وحتى نظرية النسبية العامة لأينشتين^(٤٨).

ويمكن تعريف المجال بصفة عامة بأنه "الشكل الرياضى الأكثر نقاءً لخطوط القوة التى اقترحها "فاراداي". فبدلاً من الفرض بأن الفضاء يمتلئ

* تخص معادلات "ماكسويل" كما هو واضح بالتصير عن الحركة المتصلة للقوى الكهربائية والمغناطيسية عبر الفضاء الخالى. ولذا تسمى بالمعادلات التفاضلية الجزئية، تميزاً لها عن المعادلات التفاضلية الكلية التى وضعها "نيوتن" للتصير عن حركة النقاط المادية. وقد كان هذا النظام المزدوج من المعادلات هو التمس الذى لابد للفيزياء أن تلجأ إليه إذا ما أرادت فهم الاتصال عبر الفضاء دون أن تعود لمفهوم "التأثير عن بعد" الذى إستعمله "نيوتن" انظر:

آينشتين: الأفكار وآراء، ص ٥٥، ص ٨٥-٨٧.

(٤٧) د. محمد على العمر: "مسيرة الفيزياء..."، ص ٥٩.

(48) Lucas :OP. Cit , P 178.

بأعداد لا حصر لها من الزوائد المنفصلة، علينا أن نتصور أنها قد إتصهرت جميعاً في كتلة واحدة منتشرة في المجال الكهرومغناطيسي^(٤٩).

يقول الفيزيائي الأمريكي "ريتشارد فاينمان" R. Feynman (١٩١٨-٢):

"المجال الحقيقي هو دالة رياضية نستخدمها لتجنب فكرة التأثير عن بعد"^(٥٠).

وعلى هذا، فلو كان المكان كياناً أساسياً مُمثلنا كما أخبرنا "ديكارت"

(ف ٣٠)، فإن المجال هو وسيلة بها نعرف شيئاً ما هاما عنه. إنه يُعين لكل

نقطة في المكان عدداً حقيقياً: قد يكون "لامتجهاً" Scalar، أو "متجهاً"

Vector، أو "كمية ممتدة" Tensor* . وهكذا يخبرنا "المجال" بشئ ما عن

المكان ككل، رُبما يكون شيئاً معقداً، ولكنه في النهاية يُشبع شرط الاتصال،

وما يستتبعه من مفاهيم، ولعل أهمها مفهوم السببية^(٥١).

٩١- ورغم قوة الجاذب الكمي لنظرية المجال، إلا أن جانبيها الأنطولوجي بدا

ضعيفاً. فالمجالات -كما تصفها معادلات ماكسويل- ماهي إلا كيانات

رياضية مجردة، تستعصى على الخبرة الحسية المباشرة. وبالتالي فهي

غرضة لنفس الاعتراضات التي وجهها "باركلي" لأولئك الذين إعتقدوا

بوجود اللامتناهي في الصغر (ف ٣٩).

(٤٩) هولمان : المرجع السابق ، ص ١٢.

(50) Robert. B. Leighton & Matthew Sands (ed): Feynman lectures, Addison - Wesley, Mass , 1963, Vol (II) , 15. 4 , quoted by Lucas: OP. Cit , p178.

* "اللامتجه" هو إسم أو وصف لأية كمية فيزيائية تعين بمقدارها فقط دون الإتجاه . أما " المتجه" فهو كمية تعين بمقدارها واتجاهها معاً. وأما الكميات الممتدة فهي تعميم أبعد للمتجهات . انظر : معجم الفيزيكا الحديثة ، ج ٢ ، مادة "الامتجه" ، ص ٢٧٥ & مادة "المتجه" ص ٣٣٤ .

also : Textbook , Vol (1) , pp 55 FF.

(51) Loc. Cit .

لكن هذه العقبة لم تكن لتثنى "ماكسويل" عن مواصلة الطريق. فمضى يُطور النتائج الرياضية التي حصل عليها ويوسع من نطاقها، حتى وصل في النهاية إلى أن معادلاته تؤدي -من بين الحلول المتعددة- إلى حل موجي، أي إلى وضع تنتشر فيه المجالات على شكل موجات كهرومغناطيسية خلال الأثير^(٥٢).

كما تنبأ "ماكسويل" عام ١٨٦٤ بأن موجاته المقترحة لا بد وأن تنتقل خلال الأثير بسرعة الضوء. بل إن الضوء نفسه، بألوانه الطيفية المختلفة هو شكل من أشكال هذه الموجات التي تتباين فقط وفقا لأطوالها وتردداتها. فإذا كان الضوء ذا تردد منخفض، فسوف يُطابق اللون الأحمر، وكلما ازداد التردد تحول الضوء تدريجيا إلى اللون البرتقالي فالأصفر. وهكذا حتى اللون البنفسجي، وهو آخر ألوان الطيف المرئية. أما إذا ارتفع التردد فوق ذلك، فسوف نصل إلى الضوء اللامرئي المسمى بالأشعة فوق البنفسجية، ثم إلى الأشعة السينية^(٥٣)، ثم إلى أشعة "جاما" التي تنتج عن الراديوم والمواد المشعة الأخرى، وإلى بعض مكونات الأشعة الكونية. وإذا ما انخفض التردد عن موجة الضوء الأحمر، فسوف نقابل الأشعة تحت الحمراء، وأشعة الحرارة، ثم نصل أخيرا إلى أشعة "الراديو" المعروفة بالموجات اللاسلكية^(٥٣). ولم يعش "ماكسويل" ليرى تنبؤاته وقد تحققت. ففي

(٥٢) د. محمد علي العمر : المرجع السابق ، ص ٥٩.

* الأشعة السينية (أو أشعة إكس X rays) : إكتشفها الفيزيائي الألماني " فيلهلم رونتجن" W Roentgen . (١٨٤٥-١٩٢٣) عام ١٨٩٥ ، وهي من نفس طبيعة الضوء المرئي ، وإن كان طول موجها أقل كثيرا . (معجم الفيزياء الجليلية ، مادة "الأشعة السينية " ج-٢ ، ص ٣٤٥).

(٥٣) هولمان: قصة الكم الخيرة، ص ١٤.

عام ١٨٨٧، تمكن الفيزيائي الألماني "هاينريخ هيرتز" (H. Hertz) (١٨٥٧ - ١٨٩٤) من توليد الموجات اللاسلكية في المعمل بواسطة دائرة كهربائية، وإستقبالها بدائرة أخرى تبعد عنها، ليؤكد بذلك صدق توقعات ماكسويل، وصواب إستنتاجاته الرياضية^(٥٠). وهكذا أصبح علم البصريات فرعا من فروع الكهرومغناطيسية. وغدا المجال جزء أساسيا من أجزاء الواقع الموضوعي للفيزياء، ينازع الجسيمات في أولية الوجود*. أما "الأثير" فقد بقى فرضا ميكانيكيا غامضا، يلعب دورا مستترا في إرضاء الضمير العلمي لفيزياء القرن التاسع عشر.

ثانيا : النسبية وإنعزال الظواهر الفيزيائية :

٩٢- كان هدفنا من تتبع مراحل التطور الفيزيائي خلال القرن التاسع عشر هو أن نوضح مدى ثبات فكرة الإصطال كنتيجة مؤكدة لكافة البحوث القائمة على الروى النيوتونية للعالم الفيزيائي. ونصل الآن إلى الشطر الأول من أهم

(54)Textbook, Vol(3) , pp 123 F.

* من المعروف أن "آينشتين" كان من أخذ المناصرين لفهوم المجال في مقابل مفهوم الجسيم، حيث بادل خلال النصف الثانى من حياته جهدا كبيرا أملا فى وضع نظرية عامة تربط بين المجالين: الكهرومغناطيسى والجاذبى، ويكون المجال فيها أوليا مقابل الجسيمات المادية، لكنه لم ينجح فى مساه. كذلك كان حال "هايزنبرج" الذى سعى فى الإنهاء المضاد مناصرا للجسيم، لكنه لم ينجح أيضا ومازالت الجهود تبدل حتى يومنا هذا لتحقيق هذا الهدف : هدف التخلص من ثنائية "الموجة-الجسيم". راجع الجزء الأخير من هذا الفصل .

and see for more detail : Lucas, OP-Cit, PP 180-83& Graves, J. C.: The conceptual foundations of contemporary relativity theory, Cambridge, Mass, 1971, ch8.

وأيضا : آينشتين : أفكار وآراء، ص ١٨-٢٤.

إنجازات الفيزياء خلال القرن العشرين، أعنى نظرية النسبية (بشقيها الخاص والعام).

وأول ما يلفت النظر بصدد هذه النظرية، أنها وإن كانت قد استحدثت من المفاهيم ما لم تتعارف عليه الميكانيكا التقليدية والكلاسيكية، إلا أنها لم تخرج عن التوجه العام للفيزياء - قديمها وحديثها - بشأن فكرة الإتصال، بل جاءت - كما سنرى - تدعيماً لهذه الفكرة، وترسيخاً لما يرتبط بها من مبادئ وفروض علمية وفلسفية. هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى، رغم ما تنسم به النظرية من طابع رياضى واستنتاجى، إلا أن استنتاجاتها لم تولد من فراغ، وإنما سبقتها محاولات أخرى نظرية وتجريبية. منها على الجانب النظرى هندسة "ريمان" الكروية (ف ٤٧) ونظرية المجال لماكسويل، أما على الجانب التجريبى، فأمامنا تجربة الأثير، المعروفة بتجربة "ميكلسون - مورلى". ورغم إنتماء التجربة لتراث النصف الثانى من القرن التاسع عشر، إلا أن التطور الطبيعى لمولد النسبية يجعلها أشد إلتصاقاً بفيزياء القرن العشرين.

أ- تجربة ميكلسون - مورلى.

Michelson-Morley experiment.

٩٣- حين وضع ماكسويل نظريته عن المجال، كان وجود الأثير بالنسبة له أمراً مسلماً به. فهو فى رأيه ذلك الناقل، أو تلك البيئة الوسيطة، التى تنتقل خلالها الطاقة الإشعاعية، والتى تهتز عبرها الموجات الكهرومغناطيسية، تماماً كما أن الهواء ناقل للموجات الصوتية.

وفى غضون ذلك، إقترض الفيزيائيون أن الأثير يمكن أن يُفسر بأنه المكان المطلق الذى ذهب إليه نيوتن. فلو كان الأثير ساكناً، وبملا المكان كله، فيبدو من المعقول إذن أن يؤخذ الأثير على أنه المعيار المطلق للسكون فى الكون. وإذا كان الضوء ينتقل بسرعة ثابتة خلال هذا الوسط، فإنه من الممكن إجراء التجارب لإثبات السرعة التى تتحرك بها الأرض خلال الأثير. وبذلك نبرهن على الحركة المطلقة للأرض، ونثبت فى الوقت ذاته وجود الأثير^(٥٥).

ولم يلبث هذا الإقتراض أن وضع موضع التنفيذ أو التنفيذ عام ١٨٨١ حين ابتكر الفيزيائى الأمريكى "ألبرت ميكلسون" A. Michelson (١٨٥٢-١٩٣١) جهازاً حساساً لهذا الغرض، يُعرف الآن بـ "مقياس التداخل" Interferometer. وبمزيد من الدقة والتعقيد، أعاد ميكلسون تجربته الشهيرة عام ١٨٨٧ بالإشتراك مع صديقه "إدوارد مورلى" E. Morley (١٨٣٨-١٩٢٣) ليفصلاً بذلك القول فى فرض الأثير والحركة المطلقة^(٥٦).

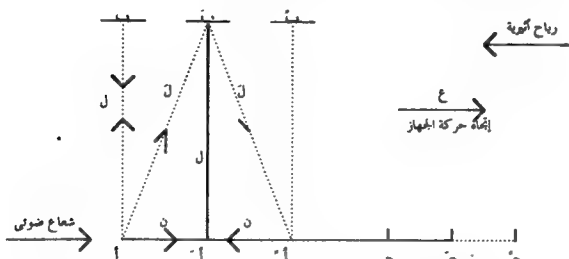
٩٤ - كان من رأى "ميكلسون ومورلى" أنه إذا كانت الأرض تتحرك خلال الأثير، فإن شعاعاً من الضوء مرسلًا بإتجاه حركة الأرض - أى ضد إتجاه الرياح الأثيرية التى يُفترض أن تنتج عن هذه الحركة - ثم مُرْتدّاً إلى نقطة البداية، لابد وأن يصل متأخراً عن شعاع آخر أُرسل فى نفس الوقت ولنفس المسافة ولكن بزاوية قائمة على إتجاه الحركة الأرضية خلال الأثير. ذلك أن الأرض تدور حول الشمس بسرعة تبلغ ٣٠ كم/ث. ولابد وأن تتأثر سرعة الضوء - سلباً أو إيجابياً - فى حدود هذا المقدار، بحيث تتناقص إذا ما أُطلق

(٥٥) إين نيكلسون : الزمان المتحول ، ص ١٧٨.

(٥٦) نفس الموضع .

الشعاع الضوئي باتجاه حركة الأرض، وتزداد إذا ما إنطلق بعكس اتجاه الحركة^(٥٧).

هذه هي الفكرة الأساسية لتجربة ميكلسون - مورلي. أما بنيتها الرياضية، وهي على جانب كبير من الأهمية إذا ما أردنا فهم النسبية، فقد تزداد وضوحاً بالنظر إلى الشكل التالي^(٥٨):-



أمامنا في هذا الشكل تبسيطاً لجهاز التجربة المكون من ثلاث مرايا: (أ)، (ب)، (ج). الأولى منها - (أ) - مرآة شبه عاكسة، تعكس ٥٠٪ من الضوء الساقط عليها تجاه المرآة (ب)، وتسمح بمرور الـ ٥٠٪ الباقية تجاه المرآة (ج). ولذا فلو كان الجهاز ساكناً في الأثير، فسوف ينقسم الشعاع الضوئي الساقط على المرآة (أ) إلى جزئين متساويين يمران في مسارين متعامدين: (أب)، (أج). ثم ينعكس الشعاعان مرة أخرى من المرأتين (ب) ،

(٥٧) هاينريخ: الفيزياء والفلسفة (ترجمة د. أحمد مستجير ، المكتبة الأكاديمية ، القاهرة ،

ط١٩٩٣) ص ٧٨.

(58) This figure is quoted from Van Fraassen: An introduction to the philosophy of Time and space ,OP.Cit ,p143.

(ج) الموضوعتين على مسافتين متساويتين من المرأة (أ) ويرتدان إليها بالتطابق ليعودا شعاعاً واحداً. أما لو تحرك الجهاز إلى اليمين بسرعة قدرها (ع) بالنسبة للأثير، بحيث يكون الذراع (أ ب) عمودى على إتجاه الحركة، فسوف يقوم نصف الشعاع الأول بالرحلة (أ ب أ') بدلا من الرحلة (أ ب أ) ويقطع المسافة (ل٢) بدلا من المسافة (ل١). ولأن (ل) أكبر من (ل١) فلا بد وأن تستغرق الرحلة (أ ب أ') زمنا أطول من زمن الرحلة (أ ب أ). وكذلك الحال بالنسبة لنصف الشعاع الثانى، الذى يكون معرضاً فى رحلة الذهاب لرياح الأثير، فتستغرق رحلته ذهاباً وإياباً زمناً أطول من زمن الرحلة (أ ب أ'). ولنفصل ذلك رياضياً بالنسبة لحالتى السكون والحركة^(٥٩).

الحالة الأولى: الجهاز فى سكون بالنسبة للأثير، ولذا فإن نصفى الشعاع يستغرق كل منهما فى رحلة الذهاب والعودة زمناً قدره:

$$(١) \Delta z = \frac{ل٢}{س} \quad (\text{لأن الزمن} = \frac{\text{المسافة}}{\text{السرعة}})$$

(حيث ز=الزمن، ل=المسافة، س=سرعة الضوء بالنسبة للأثير).

الحالة الثانية: الجهاز يتحرك خلال الأثير بسرعة قدرها (ع) فى إتجاه (أ ب). (ج).

أولاً: نصف الشعاع الأول يقوم بالرحلة (أ ب أ') التى مسافتها (ل٢)، ولذا يصبح زمن رحلة الذهاب والعودة:

(59) Lbid , pp 142 - 46.

$$\frac{\Delta t}{\gamma} = \Delta t \quad (2)$$

ولكى نرى كيف يختلف هذا الفاصل الزمني عن Δt ، يجب أن نقدر قيمة γ بالنسبة إلى β .

$$\text{نفرض أن } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

∴ ووفقاً لنظرية فيثاغورث (ف ١١):

$$\gamma^2 = \gamma^2 + \beta^2 \gamma^2 \quad (3)$$

ولكن γ^2 هي المسافة التي يتحركها الجهاز خلال الفاصل الزمني Δt ، عندما يتحرك بسرعة β .

$$\beta \Delta t = \gamma \quad (4) \quad \therefore$$

ومن (٢)، (٤) نستنتج أن $\gamma = \frac{\Delta t}{\beta \Delta t}$ ولذا فإن (٣) تؤدي إلى:

$$\gamma^2 = \gamma^2 + \beta^2 \gamma^2 \quad (5)$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

ومن (٢)، (٦) نصل إلى:

$$\Delta t = \frac{\Delta t}{\gamma} = \frac{\Delta t}{\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}} = \Delta t \sqrt{1 - \beta^2}$$

الذى يكون بكيفية ما اكبر من Δ

ثانيا : نصف الشعاع الثانى يجب أن يتحرك نفس المسافة كالأدى قبله، ولكن سرعته النسبية تتأثر بحركة الأرض (التي تحمل الجهاز) خلال الاكثير. ولذا نحل سرعته فى رحلة الذهاب إلى (س-ع). اما فى رحلة العودة فتزداد إلى (س + ع).

وهكذا يصبح زمن رحلة الذهاب والعودة :

$$(8) \Delta = \frac{L}{s-c} + \frac{L}{s+c} = \frac{2Ls}{s^2 - c^2}$$

ولكى نقدر قيمة Δ بالنسبة إلى Δ ز لا بد وأن نحل المعامل $\frac{2L}{s}$ ، وذلك بالنظر إلى (1).

$$(9) \Delta = \frac{2L}{s} = \frac{2L}{s(1 - c^2/s^2)}$$

$$(10) \Delta = \Delta (1 - \frac{c^2}{s^2})^{-1}$$

ونلاحظ أن هذا المقدار اكبر من Δ ز، ومن Δ ، أيضا، لأننا يمكن أن

نستنتج من (7)، (10) :

$$(11) \Delta = \Delta (1 - \frac{c^2}{s^2})^{-1}$$

$$\sqrt{1 - \frac{c^2}{s^2}}$$

وهكذا Δ ز أقل من Δ ، و Δ ، أقل من Δ ز من خلال الضرب فى

المعامل

$$\sqrt{1 - \frac{c^2}{s^2}}$$

٩٥ - وما توصلنا إليه رياضياً يمثل النتيجة المتوقعة كلاسيكياً لتجربة ميكلسون- مورلي. فنصفى الشعاع الضوئي لا يمكن أن يعودا بالتطابق إلى نقطة المصدر. ولكن التوقع شيء، وما أسفرت عنه التجربة شيء آخر. فقد عاد الشعاعان بالتطابق، ولم تتأثر سرعتهما، لا بحركة الجهاز، ولا برياح أثيرية. فلا وجود إذن لهذا الوسط الغريب المدعو بالأثير. وسرعة الضوء ثابتة لا تتغير، ولا تختلف بين إقبال وإدبار عبر الفضاء^(١٠).

وكانت هناك بالطبع محاولات متتالية لتفسير النتيجة السلبية للتجربة، ولإقناع الأثير من مصيره المحتوم^(١١). لعل أشهرها محاولة الفيزيائيين : الأيرلندي "جورج فيتزجيرالد" G. Fitzgerald (١٨٥١-١٩٠١)، والهولندي "هندريك لورنتز" H.Lorentz . (١٨٥٣-١٩٢٨)، ففي عام ١٨٩٣ تقدم الأول بإفتراض يقضى بأن الذراع (أب) الممتد على طول إتجاه الحركة من الممكن أن يتقلص بتأثير هذه الحركة وفقاً للمعامل $\sqrt{1 - v^2/c^2}$ ولذا فإن طوله ليس (ل) ولكن $l\sqrt{1 - v^2/c^2}$ ومن ثم فإن قيمة Δ ليست كما هي في (٩) ولكن :

$$\Delta = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \right) \frac{l^2}{c} - \frac{(l\sqrt{1 - v^2/c^2})^2}{c^2 - v^2} = \Delta' \quad (12)$$

(60) Lbid ,p146.

(61) See : Bohm, D.: The special theory of Relativity,
W.A.Benjamin, N.Y,1965 , Ch.v.

وينفس الشكل الذى تنقلص به المسافة من (أ) إلى (ج)، ذهب "لورنتز" إلى أن ساعة القياس من الممكن أيضا أن تتباطأ فى سيرها، وذلك باستخدام المعامل السابق $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$.

ومعنى هذا أن آلات القياس تلعب دوراً مستتراً فى إخفاق أية محاولة للكشف عن الحركة خلال الأثير.

ومع أن هذا الافتراض المريح، يُفسر بمعنى ما إخفاق تجربة ميكلسون-مورلى فى إثبات وجود الأثير إلا أنه يُبرهن أيضا على أن الأثير، لو كان موجوداً، فسوف يظل دائماً دون إكتشاف. وإذا كان هناك شئ -حتى لو وُجد- لاسبيل إلى الكشف عنه بتاتاً - سواء من حيث المبدأ أو التطبيق - فلا قيمة له بالنسبة للعلم. وهكذا تحول "الأثير" إلى مفهوم لاجدوى منه على الإطلاق^(٦٢).

٩٦- هذه النتيجة على أهميتها، ترتبط بموضوع آخر شغل العلماء منذ أن وضع "ماكسويل" معادلاته لوصف سلوك الموجات الكهرومغناطيسية (ف ٩٠). فبرغم الطابع المطلق الذى تنسم به الميكانيكا النيوتونية، إلا أنها تحقق مبدأ للنسبية يمكن وصفه كما يلى:

"إذا أوفت الحركة الميكانيكية لمجموعة إسناد معينة بقوانين نيوتن للحركة (ف ٣٣)، فسوف يكون هذا صحيحاً بالنسبة لأية مجموعة إسناد أخرى طالما كانت فى حركة منتظمة غير دوارة بالنسبة للمجموعة الأولى"^(٦٣).

(٦٢) إين نيكلسون : الزمان المتحول ، ص ص ١٧٩-١٨٠.

(٦٣) هايزنبرج : الفيزياء والفلسفة ، ص ص ٧٨-٧٩.

ومعنى هذا أنه إذا كانت الكتلة (ك) تتحرك بانتظام، وفي خط مستقيم بالنسبة إلى مجموعة الإسناد (م)، فإنها تكون أيضا متحركة بحركة منتظمة وفي خط مستقيم بالنسبة إلى مجموعة إسناد أخرى (م)، مادامت الأخيرة تتحرك بانتظام بالنسبة إلى المجموعة (م)^(٦٤).

وتبعا لهذا المبدأ، نستطيع تعيين قيم الإحداثيات (أ، ب، ج، ز) الخاصة بموضع (ك) وزمانها بالنسبة إلى (م)، إذا علمنا قيم هذه الإحداثيات (م، ب، ج، ز) بالنسبة إلى (م). فإذا كانت المجموعة (م) تتحرك بسرعة قدرها (ع) باتجاه المحور (أ) الخاص بالمجموعة (م) فإن :-

$$(١٣) \quad \bar{A} = A - Et$$

$$\bar{B} = B$$

$$\bar{C} = C$$

$$\bar{Z} = Z$$

وتُعرف هذه المجموعة من المعادلات بـ "تحويلات جاليليو" Galileo-(^{٦٥}) transformations . وهي تستند كما نرى إلى مطلعية الزمان وإتساليه بصورة

(٦٤) آينشتين : النسبية الخاصة والعامة ، ص ١٦.

(65) See : Cassirer , E : Substance and function & Einstein's theory of Relativity (Two Books in one), Dover Publications , Inc , N.Y, 1953 , p 370.

وأيضا :- آينشتين : المرجع السابق ، ص ٣٣ .

- موريس دوكنين : المادة وضد المادة ، (ترجمة د. رمسيس شحاتة، دار المعارف بمصر ،

القاهرة، ١٩٦٨) ، ص ٢٣.

متساوية بمعزل عن حوادث العالم، كما أنها تترك الأطوال المتحركة دون تغيير يُذكر^(٦٦).

لكن التسمية النيوتونية -وفقا للرؤى الكلاسيكية- لاتصلح للتطبيق في ميدان البصريات أو الكهرومغناطيسية، ذلك أنه إذا كانت مجموعة الإسناد الأولى ساكنة في الأثير، فليس من الضروري أن تكون المجموعات الأخرى كذلك، ومن ثم فلا بد وأن تُترك حركتها بالنسبة للأثير عن طريق آثار من النمط الذي توقعه "ميكلسون" (ف ٩٤) وما أن أعلن الأخير عن النتيجة السلبية لتجربته، مؤكدا ثبات سرعة الضوء بغض النظر عن حركة المصدر، حتى إفترض الفيزيائيون أن مبدأ النسبية قد يكون صحيحا في الكهرومغناطيسية كما في ميكانيكا نيوتن^(٦٧).

وهنا تقدم "لورنتز" (١٩٠٤) بمجموعة أخرى من المعادلات تُوفّق بين معادلات "ماكسويل" لإنتشار الموجات وبين مبدأ النسبية، مستندا في ذلك إلى فرضية إنكماش الطول وتمدد الزمان (ف ٩٥). هذه المعادلات الجديدة تُعرف بـ "تحويلات لورنتز" Lorentz transformation وبنفس الرموز السابقة نجد أن^(٦٨) :-

$$\frac{1 - \frac{v^2}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 1 \quad (14)$$

(٦٦) دوكنين : المرجع السابق ، ص ٢٣.

(٦٧) هايزنبرج : الفيزياء والفلسفة ، ص ٧٩.

(68) Cassirer : OP. Cit , p 372.

وأيضا :- آينشتين : المرجع السابق ، ص ٣٣.

- دوكنين : المرجع السابق ، ص ٢٦.

ح - ح

ب - ب

$$\gamma = \frac{z - c/1s}{\sqrt{1 - c^2/1s^2}} \quad (\text{حيث } c = \text{سرعة الضوء})$$

وبهذه التطورات الناجمة عما تمخضت عنه تجربة ميكلسون-مورلي،
يكون الطريق قد تمهد تماماً لظهور النسبية الخاصة التي أعلنها أينشتين عام
١٩٠٥.

ب- النسبية الخاصة : The Special Relativity

٩٧ - تلقى أينشتين هذه التطورات وألف بينها في شكل أتيق ليُخرج لنا
نظريته الخاصة في النسبية. وفيها ينطلق من مبدئين أساسيين وجدا في
تجربة ميكلسون-مورلي دعماً قوياً. أما أولهما فهو مبدأ النسبية القائل بأن
قوانين الظواهر الفيزيائية، وبصفة خاصة قوانين الكهرباء ومغناطيسية، تحتفظ
بصيغة ثابتة في كافة مجموعات الإسناد الموجودة في حركة إنتقال منتظمة
بالنسبة لبعضها البعض^(٩٩).

ومعنى هذا المبدأ هو أن "تحويلات لورنتز"، وليست تحويلات جاليليو،
هي صاحبة المغزى في الفيزياء^(١٠٠). أو بعبارة أخرى، يمكننا الزعم بأن
الأثير لا وجود له، فلما بحاجة في الواقع لمثل هذا الغرض، والأسهل أن

(٩٩) أينشتين : المرجع السابق ، ص ١٧.

(١٠٠) دوكنين : المرجع السابق ص ٢٦.

نقول أن موجات الضوء تنتشر في الفراغ، وأن المجالات الكهرومغناطيسية واقع مستقل يمكن أن يوجد بدون الأثير^(٧١).

ومادما قد تخيلنا عن مفهوم الأثير، فقد تخيلنا بالمثل عن مفهوم المكان المطلق الذي ذهب إليه ثيوتن^(٧٢) (ف ٩٣). فليس هناك معيار واحد ثابت نستطيع بفضل تحديد مكان شيء ما، أو سرعته، بشكل مطلق. وعلى كل راصد أن يُحقق قياساته في ضوء معطياته الخاصة: منزلته أو كوكبه أو مجرته. أو بالأحرى مكانه النسبي من الأشياء المتحركة في الكون بسرعات نسبية^(٧٣).

أما المبدأ الثاني فينص على أن سرعة الضوء ثابتة في كل الاتجاهات بغض النظر عن حالة الراصد أو مصدر الضوء من الحركة^(٧٤). ومادام هذا المبدأ قد تحقق بالدليل التجريبي، فعلياً إذن أن نتقبل بصدر رحب ما يترتب عليه من نتائج. وقد تدفع ثمنا باهظاً مقابل ذلك، ولكننا نصل في النهاية إلى فهم أفضل للطبيعة وعملياتها. ولنتنظر الآن بإيجاز إلى هذه النتائج.

٩٨ - ١ - تعوير قانون تركيب السرعات:

كان القانون الكلاسيكي لتركيب السرعات ضحية لقبول مبدأ ثبات سرعة الضوء. فلو افترضنا مثلاً أن سفينة فضاء (أ) تتطلق بسرعة تعادل نصف سرعة الضوء (أي ٥٠,٠٠٠ كم/ث)، وأن سفينة أخرى (ب)

(٧١) هاينز جروج: المرجع السابق، ص ٨٠.

(٧٢) ميشيل ويلسون: الطاقة، ص ١٤٠ - ٤١.

(٧٣) آينشتين: أفكار وآراء، ص ١٥.

تطلق في الاتجاه المضاد بسرعة قدرها ٢٠٠,٠٠٠ كم/ث. فكم تكون سرعة (أ) بالنسبة إلى (ب)، أو سرعة (ب) بالنسبة إلى سرعة (أ)؟

من المفترض تبعاً لقوانين الميكانيكا الكلاسيكية أن تكون السرعة المقاسة لكل منهما بالنسبة للآخرى مساوية لحاصل جمع السرعتين (أي ٣٥٠,٠٠٠ كم/ث). وهي كما نرى تفوق سرعة الضوء. لكن النسبية الخاصة لها رأى آخر، ذلك أن السرعة النسبية لكل منهما لن تزيد على ٢٦٦,٥٠٠ كم/ث. وماعليتنا -كي نتحقق من ذلك- سوى أن نطبق المعادلة التالية^(٧٤):-

$$(١٥) \quad \frac{c' + c}{1 + \frac{c'c}{s^2}} = c$$

(حيث c هي السرعة النسبية بين السفينتين، c' سرعة السفينة (أ)، c'' سرعة السفينة (ب)، s سرعة الضوء).

هذه المعادلة مشتقة من تحويلات لورنتز (ف ٩٦). وقد تمثل نتيجتها تحدياً لما نسميه بالحس المشترك، غير أنها تستند إلى دليل تجريبي قدمه الفيزيائي الفرنسي "هيو لايت فيزو" H. Fizeau (١٨١٩-١٨٩٦) عام ١٨٥١، وذلك حين قاس سرعة الضوء في سائل متحرك، وكان يتوقع أن تكون السرعة الكلية للضوء مساوية لحاصل جمع سرعة السائل بالإضافة إلى سرعة الضوء، ولكنه وجد أن السرعة الكلية كانت أقل بعض الشيء^(٧٥).

(٧٤) آينشتين : النسبية الخاصة والعامة، ص ٣٩.

(٧٥) نفس الموضع.

٩٨-٢- تقلص الطول:

هذه النتيجة تعميم لإتكماش فيترجيرالد Fitzgerald contraction الذى تعرفنا عليه من قبل (ف ٩٥) ، وتنص على أن الأشياء المتحركة تنقلص على طول إتجاه حركتها وفقاً للمعادلة:

$$(١٦) \quad L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

(حيث L هو طول الشئ وهو يتحرك، L_0 طوله الأصلي قبل الحركة ويُعرف بطول السكون rest length ، v سرعته النسبية، c سرعة الضوء).

وعلى هذا فكلما إزدادت سرعة الشئ إزداد تقلصه، حتى إذا ما بلغت سرعته ٨٧٪ من سرعة الضوء تقلص طوله إلى النصف ، اما لو تمكن من بلوغ سرعة الضوء ذاتها ، فإن يكون له طول على الإطلاق^(١٦). ورغم أهمية هذه النتيجة وغرابتها ، إلا أنها لم تختبر تجريبياً حتى الآن، وذلك لصعوبة إجراء التجارب تحت ظروف السرعات العالية^(١٧).

٩٨-٣- تزايد الكتلة :

كان نيوتن يرى أن لكل جسم كتلة معينة ، وأنها مقدار ثابت لا يتغير سواء كان الجسم ساكناً أو متحركاً . وإن كمية الحركة (\vec{p}) تساوى كتلة الجسم مضروبة فى سرعته

$$(\vec{p} = m \vec{v})$$

(١٦) إين نيكلسون : الزمان التحول ، ص ١٨٦-٨٧ .

(١٧) د. محمد على العمر : مسيرة الفيزياء ص ١٠٢ .

وجاء آينشتين متفقاً مع نيوتن في ثبات كتلة الجسم وهو ساكن ، ولكنه
إكتشف أن مقدار الكتلة يتغير حين يتحرك الجسم ، وتزداد كتلته بإزدياد
سرعة الحركة ^(٧٨)، وذلك وفقاً للمعادلة ^(٧٩):-

$$K = \frac{K_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

(حيث K_0 هي كتلة الجسم وهو يتحرك ، K كتلة السكون rest mass ، c سرعة النسبية، v سرعة الضوء).

وكما إقتربت سرعة الجسم من سرعة الضوء صارت كتلته أكبر ،
حتى إذا ما أمكن للجسم أن ينتقل بسرعة الضوء صارت كتلته لا نهائية .
وقد تأكدت هذه النتيجة بالدليل التجريبي ، ذلك أن "مُعجل الجسيمات"
Particle accelerator في المعامل النووية قادر على رفع سرعة
الجسيمات دون الذرية إلى نسب ضخمة جداً تقترب من سرعة الضوء.
والواضح تماماً من نتائج هذه التجارب أن كتل الجسيمات تزداد بالقدر الذي
تتنبأ به النسبية الخاصة ^(٨٠).

٩٨ - ٤ - تكافؤ الكتلة والطاقة:

تمثل هذه العلاقة واحدة من أهم النتائج العامة لنظرية النسبية الخاصة.
فقد كانت الكتلة عند نيوتن - كما رأينا - مقداراً ثابتاً لا يتغير تحت كل

(٧٨) د: محمد فهمي زيلان: من نظريات العلم المعاصر، ص ٤٠.

(٧٩) إين نيلكسون : المرحع السابق، ص ١٨٩.

* معجل الجسيمات هو جهاز يستخدم لزيادة سرعة الجسيمات المشحونة (معجم الفيزيكا الحديثة ،

مادة "معجل " ، ج ١ ، ص ٦.

(٨٠) نفس الموضع.

الظروف. وبالمثل كانت الطاقة (ف ٨١) ولا علاقة بينهما . ثم جاء أينشتاين ليوحد بينهما ويدمجهما في قانون واحد مركب . فإذا كانت ك هي كتلة السكون لجسم ما ، ط طاقته ، س سرعة الضوء فإن^(٨١):-

$$(١٨) \text{ ط } = \text{ ك س}^2$$

بمعنى أن طاقة السكون rest energy لجسم ما تساوي كتلته مضروبة في مربع سرعة الضوء . وقد تبدو هذه العلاقة منفصلة عن فهمنا لبنية الزمان والمكان. ولكنها في الحقيقة تقدم لنا تفسيراً شافياً لعمليات الاندماج النووي التي تجري بشكل متصل داخل الشمس والنجوم الأخرى ، وبها تعلمنا كيف أن مقداراً هائلاً من الطاقة يقبع مستترا داخل كل وحدة من وحدات المادة. الأمر الذي أصبح يمثل مشكلة من أخطر المشكلات التي تواجه حضارتنا وأشدّها إلحاحاً^(٨٢) .

٩٨ - ٥- تمدد الزمان .

ومثلما تخيلنا عن مفهوم المكان المطلق حين نبدأ فرض الأثير، ثم أدركنا نسبية الحركات والأطوال تبعاً لموقع الراصد. كذلك يجب أن نتخلى عن مفهوم الزمان المطلق. فلكل راصد زمانه النسبي، هو ذلك الزمان الذي نقيسه ساعته الخاصة. ولو أتيح له أن يراقب ساعة موضوعة على سطح سفينة فضاء سريعة الحركة، فسيرى أن عقارب هذه الساعة قد دارت بسرعة أبداً من عقارب ساعته الخاصة. وتبعاً للنسبية الخاصة، لا ريب في

(٨١) آينشتاين : الكار وآراء ، ص ١١٣ .

(٨٢) نفس المرجع ، ص ١١٤ .

هذه المسألة، فالزمن ينساب على الأشياء السريعة الحركة بسرعة أبداً مما لو كان على الأشياء الثابتة. وذلك تبعاً للمعادلة^(٨٣):-

$$(١٩) \quad z - z' = \frac{v}{c} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

(حيث z' هو زمن السفينة بالنسبة للراصد، z هو الزمن الخاص بساعة السفينة، c سرعة السفينة النسبية، v سرعة الضوء).

فإذا ما تساعلنا أى الزمانين صحيح، لجاءنا رد النسبية بأن كليهما صحيح - بالنسبة لإطاره. ومعنى ذلك أننا لا نستطيع الزعم بأن حادثتين قد وقعتا فى نفس اللحظة. أو أن إحداهما تسبق الأخرى لو تنظروها، اللهم إلا إذا نسبنا هذا الزعم لإطار بعينه، له حركته النسبية، وله مكانه وزمانه النسبيان.

٩٩- ظاهرة التمدد الزماني إذن هي إحدى النتائج الهامة الناجمة عن الحركة النسبية، إذ بها يفقد مفهوم "الزمان" Simultaneity معناه المطلق المرتبط بتجاربنا المحلية. وحتى لا تنزلق إلى تفسيرات خاطئة فيما يتعلق بهذه الظاهرة، ينبغي أن نتنبه جيداً إلى النقطتين التاليتين:-

(١) أن تمدد الزمان لا يعنى إمكانية أن ينتقل جسم مادي بسرعة الضوء، أى أن يتوقف الزمان تماماً بالنسبة له، لأن كتلته فى هذه الحالة ستصبح لامتناهية (المعادلة ١٧). وعلى هذا فلن يمكنه بالأحرى أن ينتقل بسرعة تفوق سرعة الضوء، فيرتد به الزمان إلى الوراء. وقد يبدو ذلك متعارضاً مع ما سبق أن ذكرناه من أن قوانين النسبية تتيح إرتداد الزمان (ف ٨٣، ٨٤). ولذا نبادر بالقول بأن معادلة تزايد الكتلة لا تستبعد، بمعنى ما، إمكانية الانتقال بأسرع من الضوء. أى تنهقر الزمان إلى الوراء، ولكنها تمنع فحسب السفر بسرعة الضوء. وليس هذا وذاك شيئاً واحداً، لأننا يمكن أن

(٨٣) إين نيكلسون : المرجع السابق ، ص ١٩٢.

نفترض ميلاد جسيم ما ينطلق أصلا بسرعة أكبر من سرعة الضوء، وهو فرض مقبول نظريا^{٨٤}، ولكن الجسيم عليه في هذه الحالة أن يبطئ من سرعته كي يعود إلى الحاضر، فإذا ما وصل إلى سرعة الضوء، أصبحت كتلته لامتناهية وهذا يعنى أنه لن يتمكن من العودة مطلقا، ولا بد له من أن يظل دائما مسافرا في الماضي^(٨٤).

(٢) أن إختلاف الترتيب الزمانى أو المكانى للحوادث من راصد إلى آخر، لايعنى فى الحقيقة إختلال الترتيب السببى للحوادث. بمعنى أن يكون السبب سابقا على النتيجة بالنسبة لراصد ما، بينما تكون النتيجة سابقة على السبب بالنسبة لراصد آخر. قد يكون ذلك صحيحا لو نظرنا إلى الفاصل الزمانى بين حادثتين بينهما رباط سببى بمعزل عن الفاصل المكانى - أو العكس - لكن إنتقال التأثيرات السببية ليس فى الحقيقة إنتقالا زمانيا (أو مكانيا) فحسب، ولكنه إنتقال "زمانى - مكانى" فى متصل رباعى الأبعاد، يمثل العالم الذى نعيش فيه. ولو أردنا وصفا موضوعيا دقيقا لإنتقال التأثير

ك

" لننظر مرة أخرى إلى معادلة تزايد الكتلة : $E = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$ فإذا افترضنا أن ع أكبر من س، فسوف يكون لدينا فى المقام جذرا تربيعيا لعدد سالب، وهو كما نعرف عدد تخيلى (٦١-٦٢). ولو افترضنا أن ك وهى كتلة السكون، أصبحت أيضا تخيلية، أمكننا أن نكتب المعادلة على هذا النحو : $E = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$ (حيث ت هى العدد التخيلى). وبإلغاء ت الموجود فى البسط مع ت التى فى المقام، تصبح للجسيم الإفراطى كتلة حقيقية متناهية. ومن لم تتم العملية العكسية، أى أن كتلته تنخفض مع زيادة سرعته، فإذا أبطأ من سرعته، تزايدت كتلته حتى تصبح لامتناهية حين تتعادل سرعته مع سرعة الضوء. أنظر : إينزليكسون: المرجع السابق، ص ص ٢٠٤ - ٢٠٥. (٨٤) نفس المرجع، ص ص ٢٠٤ - ٢٠٥.

المبني بين حادثتين، فعلينا أن نضع في إعتبارنا هذا التركيب العضوي غير القابل للإقسام بين الزمان والمكان، والذي تمثلته المعادلة التالية* (٨٥) :-

$$(٢٠) \text{ ص} = \sqrt{(\Delta z)^2 - (\Delta x)^2}$$

(حيث تعبر ص عن الفاصل الزمكاني spatio-temporal interval بين الحادثتين، Δz عن الفاصل الزماني بشرط أن نضع في إعتبارنا سرعة الضوء، Δx عن الفاصل المكاني الذي تعينه ثلاثة إحداثيات مكانية : طول (ل) ، عرض (ض) ، وإرتفاع (ف)).

ولما كان الإحداثي الزماني ممثلاً للبعد الرابع في المتصل، فلا بد إذن من تحويله إلى إحداثي مكاني حتى تتوافق الإحداثيات. ويتم ذلك بضرب مقدار الفاصل الزماني في مقدار سرعة الضوء، أي أن $\Delta z = \text{ص} \cdot \text{ز}$. وبترتيب الفاصل الزمكاني بين الحادثتين، يمكن للمعادلة أن تأخذ الشكل التالي (٨٦) :-

$$(٢١) \text{ ص}^2 = \text{ص}^2 \cdot \text{ز}^2 - (\text{ل}^2 + \text{ض}^2 + \text{ف}^2)$$

فإذا وصفنا الفاصل الزمكاني بين أي حادثتين بهذه المعادلة، فإن جميع راصدي الحركة المطردة النسبية سيصلون إلى نفس قيمة ص من مقاييسهم لكل من ز ، ل ، ض ، ف. حتى ولو كانت القيم الفردية للمشطرين الزماني والمكاني قد قامت الحركة النسبية بتعديلها (٨٧). وهكذا يحتفظ المتصل

* نستعمل هنا بالطبع إمكانية أن ينقل التأثير السببي بين حادثتين بسرعة تفوق سرعة الضوء، وهذه هي الحالة الوحيدة التي يمكن فيها.

لنتيجة أن تسبق السبب، ولكنها حالة ترفضها النسبية بشدة كما سبق أن رأينا.

(85) Van Fraassen : OP.Cit , p 150.

(٨٦) إين نيكلسون : المرجع السابق ، ص ٢١٠.

(٨٧) نفس الموضع.

الرابعى الأبعاد بالطابع المطلق الذى قرره نيوتن لكل من الزمان والمكان وهما منفصلان^(٨٨).

١٠٠-فكرة "الزمكان" ، أو متصل الزمان - مكان Space - Time continuum من وضع الرياضى الألمانى "هيرمان منكوفسكى" H. Minkowski (١٨٦٤-١٩٠٩) . قدمها عام ١٩٠٨ كتفسير واضح للملاحظات الناجمة عن تبليين المسافات والأزمنة فى النظرية الخاصة للنسبية. ووفقا لهذه الفكرة، يندمج الزمان فى المكان إندماجا تاما ليولقا معا متصلا واحدا هو "متصل الزمان - مكان". هذا المتصل كما ذكرنا، لاشأن له بموقع الراصد أو سرعة حركته. وإنما هو شئ موضوعى، له طبيعته المستقلة، فإذا أدركناه ، فقد خطونا أولى خطواتنا نحو "المطلق" الذى إفتقدناه بتحويلات "لورنتز" ^(٨٩).

ويمثل "منكوفسكى" لكل جسيم مادى فى المتصل بنقطة زمكانية لها أربعة إحداثيات، يطلق عليها إسم "النقطة - العالم" world - point . أما تاريخ الجسيم ككل فيمثل له بخط أحادى البعد من النقاط الزمكانية المتصلة، يسمى "الخط - العالم" world - line . وهكذا فكل خط من خطوط العالم يعبر عن الوجود الثابت المتصل لجسم ما. ومن مجموع هذه النقاط وتلك الخطوط يتألف العالم الذى يحتويه^(٩٠).

(٨٨) آينشتين : النسبية الخاصة والعامة ، ص ص ٨٨ - ٨٩ ، ص ٢٦ .

(89) See Lucas ; A Treatise on Time and Space , Op. Cit , pp 236 - 41 .

(٩٠) آينشتين : النسبية الخاصة والعامة ، ص ص ٨٨ - ٨٩ ، ص ١١٨

See also : Smart , J.C : Between Science and philosophy , Random House , N.Y , 1968, pp 218 FF.

ولاشك أن لهذه الفكرة من النتائج الفلسفية ما يعد علامة على وجهة نظر جديدة تماما. فمن ناحية، لم تعد المادة كما كانت من قبل "جوهرًا"، أو موضوعا تُحمل عليه الصفات الثانوية، وإنما أصبحت مجرد سلسلة من الحوادث الزمكانية المتصلة والمتجاورة، تتناظر رياضيا متسلسلة الأعداد الحقيقية التي توقف عندها "كانتور" كأعلى رتبة من رتب الإتصال (ف ٧٧). وبعبارة أخرى، أصبحت المادة مجرد إمتداد نقطي زمكانى، فالحوادث هى النسيج الذى يتألف منه المتصل رباعى الأبعاد، مثلما الأنغام هى النسيج الذى يتألف منه اللحن الموسيقى. وبين كل حادثتين لاتبعد إحداهما عن الأخرى بعدا شديدا، توجد علاقة قابلة للقياس، هى تلك المسماة بالفاصل. ويبدو أن هذا الفاصل هو الحقيقة الفيزيائية التى تعد البرهة من الزمان والمسافة من المكان ممثلين غامضين لها^(٩١).

ومن ناحية ثانية، فقدت فكرة إتسياب الزمان (ف ٨٤) معناها المطلق الذى تصوره نيوتن، فالزمكان "موجود"، هذا كل ما فى الأمر، وهو لايتناسب ولايتغير. وكل الحوادث الممكنة توجد فى الزمكان. ونحن كأفراد يتصادف أن نلتقى بهذه الحوادث. أما إتسياب الزمان الذى نعيه على هذا النحو الحاد، فما هو إلا مجرد سمة من سمات شعورنا^(٩٢). وهكذا أصبحنا على مقربة من أن نقرر للزمان بداية ونهاية، وكل ما هو مطلوب، هو أن نقرر بوضوح ما إذا كان الكون - أو المتصل رباعى الأبعاد - قد بدأ

(٩١) رسل : ألف باء النسبية (ترجمة فواد كامل ، مراجعة د. محمد مرسى أحمد ، شركة مركز

كتب الشرق الأوسط ومكتبها ، القاهرة ، ١٩٧٧) ص ١٣٤.

(٩٢) إين نيكلسون : الزمان المتحول ، ص ٢١١.

وسوف ينتهى، أم أن "اللاتهاى" له دور ينبغى أن يذكر فى رسم البنية
التوبولوجية لهذا المتصل.

ومن ناحية ثالثة، إتخذت مشكلة العلاقة بين "الذات" و "الموضوع" بعدا
جديدا لازل له آثاره الفلسفية حتى الآن. فلقد كان الزعم السائد فى الفيزياء
التقليدية يدور حول إمكانية التمييز تمييزا قاطعا بين سلوك الأشياء، والذات
المدركة لهذا السلوك، وأنه لاجال للوقوع فى "الذاتية" ما دمنا نرصد ما نراه
بأدوات دقيقة، ونتمتع بقدرة طيبة على ربط الظواهر^(٩٣). وبعد مجئ
النسبية، كان الظن السائد هو أن الذات الإنسانية تلعب دورا لا يمكن إغفاله
فى صياغة القوانين الفيزيائية. فالمكان والزمان والحركة، كلها أمور نسبية
تختلف من شخص إلى آخر وعلى هذا فقد تتحت الموضوعية جانبا لتفصح
الطريق للذاتية. لكن هذا الظن ينطوى على فهم خاطئ لما أعلنه "آينشتين"،
ذلك أن نسبية الأطوال والمسافات والأزمنة ليست فى جوهرها نسبية ذاتية أو
سيكولوجية، وإنما هى نسبية فيزيائية، فمن الممكن أن نستبدل الآلات
والأجهزة بالإتسان الراصد، وسوف نحصل على نفس النتيجة^(٩٤). الأمر
الذى يحفظ للعالم موضوعيته المستقلة عن الذات العارفة. وتأكيدا لهذا
المعنى، تلقف آينشتين فكرة "الزمكان" لينقذ موضوعية العالم من أسر
التفسيرات الخاطئة، وليخطو بنا سريعا نحو نظريته العامة فى النسبية.

ج- النسبية العامة : General relativity

١٠١- لعلنا قد لاحظنا فيما سبق أن النسبية الخاصة، وإن كانت أكثر إرضاء
من الميكانيكا النيوتونية، إلا أنها مشروطة فى قابليتها للتطبيق بحركة الانتقال

(٩٣) د. محمد محمد قاسم : "كارل بوبر"، ص ١٢٤.

(٩٤) د. محمود فهمي زيدان : من نظريات العلم المعاصر، ص ٢٨، ص ١١٣-١٤.

المنتظمة لمجموعات الإسناد (ف ٩٧). ولكي ينتقل جسم ما بسرعة منتظمة فلا بد له من أن يتحرر من كافة تأثيرات القوى الخارجية. فالقوة تولد التسارع (أو العجلة acceleration) ونحن في عالم لا يخلو فيه مكان من تأثيرات القوى الجاذبية. قد نتحرك بعيدا عن الأرض فنتحرر من جاذبيتها، ولكننا مع ذلك نظل خاضعين لتأثير الشمس الجاذبي. فإذا ما تحررنا من هذا الأخير، وجدنا أنفسنا أسراء للتأثير الجاذبي العام للمجرة. وهكذا دواليك^(٩٥).

النسبية الخاصة إذن لا تعدو أن تكون نظرية تقريبية طالما كانت الجاذبية حاضرة. وهي كذلك تشير بإصبعها إلى ما وراءها، أي إلى ضرورة تعميم مبدأ النسبية بحيث يشمل كافة مجموعات الإسناد مهما كانت حالتها من الحركة^(٩٦). ولم يتحقق ذلك إلا عام ١٩١٥، حين نشر أينشتاين نظريته العامة في النسبية، ليكشف بذلك عن نظرية في الجاذبية أشمل من نظرية نيوتن. هذه الأخيرة ملائمة تماما لـ ٩٩,٩٩٪ من التطبيقات. ولكن هناك مواقف يكون فيها قانون الجاذبية القديم قاصرا، وهنا فحسب تدخل النسبية العامة معلنة جدارتها ولحقيقتها^(٩٧).

١٠٢- والخطوة الأولى على طريق النسبية العامة هي ما يعرف بـ "مبدأ التكافؤ الميكانيكي بين كتلة الجاذبية وكتلة القصور الذاتي لأي جسم مادي" فمن المعروف وفقا للقانون الثاني لنيوتن أن العجلة تساوي القوة المؤثرة على الجسم مقسومة على كتلته. والكتلة في هذه الحالة هي مقياس لمقاومة الجسم للعجلة، أي أنها مقياس لقصوره الذاتي، ولذا تعرف بكتلة القصور الذاتي

(٩٥) إين نيكلسون : المرجع السابق ، ص ٢١٦.

(٩٦) أينشتاين : النسبية الخاصة والعامة ، ص ٥٩.

(٩٧) نيكلسون : المرجع السابق ، ص ٢١٧ - ١٨.

inertial mass . ومن خلال قانونه العام فى الجاذبية، يخبرنا نيوتن بأن قوة الجذب المتبادل بين جسمين تتناسب عكسيا مع مربع المسافة بينهما، وطرديا مع حاصل ضرب كتلتيهما. حيث تكون الكتلة هنا بمثابة مقياس للقوة اللازمة لجذب الجسم. ومن هذين القانونين نستنتج وجود علاقة بين كتلتى الجاذبية والقصور الذاتى لأى جسم مادى، فكلما ازدادت كتلة الجسم، ازدادت القوة اللازمة لجذبه، وازدادت فى نفس الوقت القوة اللازمة لتعجيله، والعكس صحيح. وقد ثبت بالدليل التجريبي أن هذه العلاقة هى علاقة تكافؤ equivalence . فالريشة والحصاة، كما أخبرنا "جاليليو" ومن بعده "نيوتن"، تتسارعان إلى الأرض بنفس الكيفية، وتصلان إليها فى توقيت واحد إذا ما أمكننا التحكم فى تأثير مقاومة الهواء^(٩٨).

ولم يستطع "نيوتن" تقديم تفسير واضح لهذه العلاقة حتى تنبه لها "آينشتين" عام ١٩٠٧، فوضع لها تفسيراً كان بمثابة الحجة والدليل لنظريته العامة فى النسبية. لم ينظر "آينشتين" إلى الجاذبية بوصفها قوة مباشرة تؤثر عن بعد، وإنما نظر إليها بوصفها مجالا مغناطيسيا تنشره الأجسام الجاذبية من حولها، فيؤثر بدوره على الأجسام المحيطة بها مما يدفعها إلى الحركة بعجلة واحدة مهما كانت حالتها المادية أو الفيزيائية^(٩٩).

(٩٨) نفس المرجع ، ص ٢١٨ - ١٩.

(٩٩) آينشتين : المرجع السابق ، ص ٦٢.

ومعنى ذلك أن الكتل المادية لا تتبادل الجذب بطريقة "نيوتن"، وإنما بطريقة "فاراداي" و"ماكسويل" (ف ٨٩ ، ٩٠) ولذا فإن قانون التربيع العكسي - على فائدته - ليس بذى معنى ملائم للتفسير الجديد^(١٠٠).
ولكن كيف يسهم هذا التفسير فى صياغة المبدأ العام للنسبية ؟؟
لنضرب لذلك مثالا توضيحيا :

دعنا نتخيل راصدا داخل سفينة فضاء تتنقل بانتظام (دون تشغيل المحركات) فى حيز فارغ بين النجوم، أى بعيدا عن أى تأثير جاذبى. لاشك أن الراصد فى هذه الحالة سيعانى شعورا بانعدام الوزن. وكذلك كل ما تحتويه السفينة من أشياء، بحيث تبدو هذه الأشياء وكأنها تَحُلِقُ مع الراصد فى منتصف السفينة. ولنفرض الآن أن محركات السفينة قد دارت فجأة (دون أن يشعر الراصد). حينئذ ستبدأ السفينة فى الانتقال بعجلة مطردة هذه العجلة لا بد وأن تتنقل بدورها إلى كافة محتويات السفينة، بما فيها الراصد فتبدأ جميعها فى السقوط بسرعة واحدة لتستقر فى وقت واحد فوق أرضية السفينة . تماما كما لوكانت قد استقرت فوق أى مكان من سطح الأرض . وتبعا لمبدأ التكافؤ، لن يستطيع الراصد أن يبنى وقتئذ إن كان شعوره بالوزن ناجما عن تسارع السفينة ، أو عن ثباته فى مكان ما تحت تأثير الجاذبية . فالقوة التى يعاينها يشعر بها شعور واحداً فى كلتا الحالتين. وليس هناك من قياس يستطيع أن يقوم به داخل السفينة بحيث يتيح له أن يعرف الفرق بينهما.

(١٠٠) ليدل السينا : التحدى الأكبر (مقال بمجلة الثقافة العالمية ، ترجمة د. صلاح مجاوى ، المجلس الوطنى للثقافة والفنون والآداب ، الكويت ، العدد (٣٠) ، سبتمبر ١٩٨٦ ص

كذلك الحال فيما لو دخلت السفينة مجال الجاذبية الارضية بعد توقف محركاتها ، فى هذه الحالة تستقطب السفينة سقوطاً حراً بعجلة مطردة تحت تأثير الجاذبية . وسوف يعود الراصد إلى حالة انعدام الوزن التى عاناها من قبل حين كان يتحرك بسرعة منتظمة خارج محال الجاذبية . ولن يستطيع بالمثل أن يقوم بالتمييز بين الحالتين .

يمكننا إذن فى الحالة الأولى معاملة السفينة المنقلة بعجلة خارج مجال الجاذبية ، كما لو كانت تتنقل بانتظام فى مجال جاذبى . والعكس صحيح فى الحالة الثانية ، إذ يمكننا معاملة السفينة المتسارعة داخل مجال الجاذبية ، كما لو كانت ذات سرعة منتظمة خارج هذا المجال . واسترشاداً بهذا المثال وغيره^(١٠١)، يبدو من الملائم أن نمثد بعبداً النسبية ليشمل كافة مجموعات الاسناد ، مهما كانت حالتها من الحركة . وفوق ذلك ، نخرج بتفسير جديد للجاذبية، لعله ينمى معرفتنا بالمتصل الكونى .

١٠٣- نستطيع الآن أن نواصل بناء النسبية العامة بما يدعم مفهوم المجال الجاذبى . ولعل أول ما يجب علينا فعله ، هو أن نشق نظرياً ما لهذا المجال من آثار على العمليات الطبيعية التى نعرف قوانينها . ولتكن مثلاً حركة الاشعة الضوئية ، فهى الرسول دائم الحضور بين الكواكب والنجوم . وهى بالإضافة إلى ذلك كيان يمكننا ملاحظته بوسائلنا الأرضية .

إننا نعرف أن للضوء طاقة . وقد علمتنا النسبية الخاصة أن الطاقة تكافئ الكتلة (ف٩٨-٤) . أليس من المعقول إذن أن نفترض إنحاء الشعاع الضوئى وتباطؤ سرعته إذا ما اخترق مجالاً جاذبياً^{٤٤}.

(١٠١) لأطلة أخرى مشابهة أنظر : آينشتين :المرجع السابق، ص ص٦٤-٦٧ & نيلكسون :

الزمان المتحول ، ص ص٢١٨-٢٠ & لانداو وآخرون : الفيزياء العامة، ص ص ٧٦-٧٧ .

لاشك أنه إفتراض مقبول ، فالطاقة ، شأنها فى ذلك شأن الكتل المادية ، لايد وأن تتأثر بالمجال الجاذبى . هكذا تنبأ "آينشتين" ، وهكذا كان الواقع الفعلى .فى عام ١٩١٩ ،ثبت تجريبياً أن الضوء الآتى من النجوم ينحنى إنحناء خفيفاً نحو شمسنا بوان سرعته تتناقص فى جوارها .تم ذلك بقياسات غاية فى الصعوبة ، إلا أنها قطعت دابر كل شك^(١٠٢).

ومن ناحية أخرى ، ذهب "آينشتين" إلى ضرورة الربط بين إنحناء الشعاع الضوئى بفعل الجاذبية الارضية ، وبين هندسة الزمان - مكان^(١٠٣) فإذا كنا قد ذكرنا من قبل (ف ١٠٠) أن خط العالم لأى جسم مادى هو خط مستقيم أحادى البعد ، إلا أننا نرى الآن آثاراً للجاذبية لايمكن تلاشيها .وعلى هذا فلا بد وأن تتخلى خطوط العالم عن استقامتها ، لتبدو خطوطاً منحنية فى المتصل . وهنا كانت الخطوة الحاسمة ل"آينشتين" ، إذ إفتراض أن الجاذبية التى إعتبرها "نيوتن" قوة يغلفها الغموض ، هى فى الحقيقة خاصية من خصائص الزمكان نفسه .وبعبارة أخرى ، نستطيع الزعم بأن الزمكان ينحنى

(١٠٢) ليدل ألسنا :الرجع السابق ص ٩٧ .

* كان ذلك فى يوم ١٩١٩/٥/٢٩ ، حين خرج الفلكى الانجليزى الشهير "سير آرثر ادنجتون " Eddington (١٨٨٢-١٩٤٤) على رأس بعثة تابعة للجمعية الملكية الفلكية للتحقق من هذا الفرض . ومغزى إختيار ذلك اليوم أنه كان يوم كسوف كلى للشمس ، حيث يمكن تصوير النجوم دون إعاقة من أشعة الشمس .وقد ثبت إنحراف الضوء بالقدر الذى حدده "آينشتين" تماماً .

See: Morris,R : Dismantling The universe ,Dp-Cit, pp67-68.

وايضا رسل :الف باء النسبية ، ص ٧٩ .

(103) Lucas : Atreatise on Time and Space,p239.

فى حضور الأجسام ذات الكتلة الضخمة ، بنفس الطريقة التى تلحنى بها الوسادة إذا ما وضعت فوقها كرة ثقيلة من الرصاص^(١٠٤).

المجال الجاذبى إذن هو إحناء أو تشويه Distortion فى متصل الزمان -مكان" بفعل كثافة المادة . أما حين يكون المتصل خاليا من المادة ، فسوف يبدو كما لو كان مستويا تماما . وحينئذ يحق لهندسة "إقليدس" (ف ٤٤،٤٣) أن تعلن جدارتها بالتطبيق . حيث الخط المستقيم هو أقصر مسافة بين نقطتين . ولكننا فى أى موقف آخر لا نجد بديلا عن إستخدام هندسة "ريمان" للأماكن والمسطوح المنحنية (ف ٤٧) حيث الخط المنحنى ، المعروف بالجيوديسى geodesic هو المسافة الأقصر بين أى نقطتين^(١٠٥).

وهكذا أصبحت الجاذبية مفهوما هندسيا محضاً، بعد أن كانت عند نيوتن مفهوماً ديناميكياً. أما مشكلة التأثير عن بعد ، فقد ألغيت كلية . لأن الطبيعة قد تفادتها بمناورة بسيطة، بأن جعلت الجاذبية تؤثر فى الفضاء وليس من خلاله^(١٠٦). فإذا أردنا بعد ذلك دليلاً على صبق التصور الجديد فلننظر إلى حركة "عطارد" وهو أقرب الكواكب إلى الشمس . هذا الكوكب كغيره، يدور حول الشمس فى مدار إهليلجى واضح، لكن الحضيض الشمسى له -أى النقطة التى يكون فيها على مسافة دنيا من الشمس- لا يبقى ثابتاً فى الفضاء كما تقرر ديناميكاً نيوتن، وإنما ينتقل ببطئ بمقدار ٤٣ ثانية كل قرن، وقد

(١٠٤) جيمس جينز : الفيزياء والفلسفة ، ص ١٦١ ، وأيضاً : د. محمود فهمى زيدان : من نظريات العلم المعاصر ، ص ٦٧ .

(105)OP- Cit , p240 .

وأيضاً : نيلكسون : الزمان المتحول ، ص ٢٢٥ .

(١٠٦) جينز : المرجع السابق ، ص ١٦٢ .

كان هذا الفرق هو صنيحة التحذير الأولى من تعميم نظرية نيوتن فى الجاذبية بشكل مطلق، وكان أيضا هو الدعامة والمسد لنظرية "آينشتين" التى قامت بتفسيره على نحو دقيق (١٠٧).

١٠٤- تبقى مشكلة أخرى أساسية، تفوق فى أهميتها مشكلة الجاذبية، وإن كانت لازمة عنها بالضرورة. ألا وهى كيف يمكن النظر إلى الكون ككل فى ضوء الاتصال واللاتهاى.

لقد افترض نيوتن تبعا لقانونه العام فى الجاذبية، أن الكون سطح مستو، له ما يشبه المركز. وحول هذا المركز ترتفع كثافة المادة لتبلغ أقصى مقدار لها. ثم تأخذ فى التناقص تدريجيا كلما ابتعدنا، إلى أن تتلاشى تماما بعد أبعاد شاسعة ليتلوها فراغ لا نهائى ومعنى هذا أن الكون المادى ما هو إلا جزيرة منتهية فى محيط لا نهائى من الفضاء وأن الضوء الصادر عن النجوم، وكذلك بعض المجرات، لايد وأن تخرج باستمرار إلى الفضاء اللانهائى دون رجعة الأمر الذى يحمل تأكيداً بالفناء التدريجى والمنتظم للمادة الكونية (١٠٨).

ومثل هذا التصور لا يتفق فى الحقيقة ونتائج الملاحظات والبحوث الفلكية الحديثة تلك التى تؤكد أن الكون "مُوحّد الخواص" فى كل الاتجاهات. بمعنى أن المادة موزعة توزيعاً متسقاً فى كافة أرجاء الكون. فلا أفضلية لجهة دون أخرى من حيث كثافة المادة. حقا أن كل المجرات - فيما عدا المجرات التى تجاورنا مباشرة، والتى تولف ما يسمى بالجماعة المحلية من

(١٠٧) فيدل السينا : المحدث الأكبر ، ص ١٧ ، ص ٢١.

(١٠٨) آينشتين : النسبية الخاصة والعامة ، ص ٩٩-١٠٠.

المجرات - تكشف عن زحزحات حمراء* فى أطرافها مما قد يُفسر بأن هناك ثمة مركز كونى تتراجع عنه المجرات، إلا أن هذا التفسير أبعد ما يكون عن الترجيح، إذ أن التمدد الملحوظ للكون يتبدى على أنه متماثل تماماً، بحيث أنك لو قمت بالملاحظة من أية مجرة، فسوف تشاهد الصورة العامة نفسها، أى ستبدو كل المجرات وكأنها تتراجع عنك بالذات^(١٠٩).

ليس هناك إذن مركز وحيد للكون، أو "حافة" قابلة للتمييز. ولو كان هناك مركز وحافة، فلابد وأن نتوقع رؤية تركيز للمادة فى اتجاه واحد (صوب المركز)، وترقيقاً للمادة فى الاتجاه الآخر (أى صوب الحافة)^(١١٠). فهل يعنى ذلك أن الكون أو "متصل الزمان - مكان" لامتناه فى الإمتداد؟

* الزحزحة الحمراء Red shift ، أو "تأثير دوبلر" Doppler effect ، ظاهرة من إكتشاف الفلكى النمساوى "كريستيان دوبلر" (١٨٠٣-١٨٥٣) ، وتمثل فى التغير الظاهرى ل تردد الصوت أو الإشعاع نتيجة للحركة النسبية بين المصدر ، وبين الراصد. فأنرو (أو تردد) الصوت المنبعث من جسم متحرك (سفارة قطار متحرك على سبيل المثال). تبدو للراصد الثابت وكأنها تتزايد مع القواب الجسم منه ، بينما تنال على كلما تراجع وابتعد عنه. كذلك الضوء المنبعث من جسم متحرك ، إذ يبدو أكثر احمرار (حيث الضوء الأحمر تردده أقل من تردد الألوان الأخرى) كلما تراجع وابتعد عن الراصد. وهكذا فإن الضوء المنبعث من النجوم الموجودة فى المجرات البعيدة نطراً عليه ظاهرة دوبلر إذا ما رصدنا هذه النجوم ونحن على الأرض. وتعنى هذه الظاهرة هنا أن هذه المجرات النائية تتراجع مبتعدة عن مجرتنا. وهذه هى البيئة الميدية لإثبات الإفراض الشائع عن تمدد الكون. أنظر : إين نيكلسون : الزمان التحول ، ص ٢٢٨ (حاشية بقلم المترجم) و أيضاً رسل : ألف باء النسبية ، ص ٨٠ - ٨١ ، ص ١٠٩ و أيضاً د. كارل ساغان : الكون (ترجمة نافع أيوب ليس ، مراجعة محمد كامل عارف ، سلسلة عالم المعرفة ، العدد ١٧٨ ، الكويت ، أكتوبر ١٩٩٣) ص ٢٢٨ وما بعدها.

(١٠٩) إين نيكلسون : المرجع السابق ص ٢٤٢.

(١١٠) نفس المرجع ، ص ٢٤٣.

يجيب "آينشتين" عن هذا التساؤل بعبارة موجزة فيقول "الكون متناهٍ ولكنه غير محدود"^(١١١). Finite but unbounded وأبسط تفسير لهذه العبارة أن تنصور الكون، لا كسطح مستو كما رأى "نيوتن"، ولكن كسطح كروي مقفل. فلو أنك واصلت السير في فضاء آينشتين باتجاه واحد فلن تخرج إلى اللانهاية، بل ستعود إلى نقطة ابتداءك. وستكون حينئذ قد درت حول الكون دون أن تصل إلى حالة. فليس للكون حواف أو حدود، ولكنه مع ذلك متناهٍ كسطح الكرة^(١١٢). ولو أننا مثلنا للمجرات بنقاط ملونة على سطح بالون من المطاط، فإن كل مجرة سوف ترى الصورة العامة نفسها للكون. ليس الكون ما بداخل البالون أو خارجه، وإنما هو سطحه. ولو أننا وسعنا البالون، فإن الانفصال بين المجرات سيزداد بطريقة متماثلة، إذ تتحرك كل مجرة مبتعدة عن الأخرى، لكن أياً منها لا تستطيع الزعم بأنها مركز هذا التوسع لأن ما يتسع أو يتمدد هو متصل الزمان-مكان نفسه. أو بعبارة أدق، هي الطبقة التحتية Sub-stratum الحاملة للمادة الكونية^(١١٣).

وبهذا التفسير تخلص "آينشتين" من مقولة اللانهاية بكل ما تحمله من صعوبات علمية وفلسفية. وبات من اليسير أن ندرك بداية محددة لمتصل الزمان-مكان، فإذا كان الكون الكروي المقفل، أخذاً على ما يبدو في التوسع، فمن المعقول إذن أن نفترض أن كل المجرات كانت في وقت ما من الماضي

(١١١) آينشتين: المرجع السابق، ص ١٠١.

(١١٢) إدغيتون: الكون يزداد اتساعاً (ترجمة د. طلبة السيد عوض ع. عبد الحميد حنلى مرسى، مراجعة على مصطفى مشرفة، مكتبة النهضة المصرية، القاهرة ١٩٥٦) ص ٢٦، ص ٤٢.

(١١٣) نفس المرجع، ص ٨٢ - ٨٣ وأيضاً: إين نيكلسون: المرجع السابق، ص ص

٢٤٣ - ٤٤.

متلاصقة ببعضها البعض. وإذا تتبعنا الأمر إلى أبعد من ذلك، فلا بد وأن مادة الكون بأكملها كانت مركزة في كرة نارية شديدة الحرارة من المادة والإشعاع. وفي لحظة ما، واجهت هذه الكرة إنفجارا هائلاً "Big Bang" كان هو البداية لمتصل الزمان-مكان. ولا جدوى من التساؤل عما حدث قبل الانفجار الهائل، لأنه يبدو أن الزمان والمكان بالمعنى الذي نستخدم به هذين المصطلحين لم يكونا موجودين ببساطة قبل هذه اللحظة^(١١٤).

أما عن المستقبل، فنتنازع عدة افتراضات. نذكر منها أولاً الافتراض القائل بـ"تذبذب الكون" Oscillating Universe. فلو أن في الكون مادة كافية، فربما تؤدي القوة الجاذبة المجتمعة للمادة إلى إيقاف التوسع، ثم إرتداده في نهاية المطاف، بحيث ينتج عن ذلك انهيار لكل المادة الموجودة بالكون، فيما قد يصح أن نطلق عليه اسم "الإنكماش العظيم" Big contraction.

* يحظى هذا الفرض المفسر لنشأة الكون، والمعروف بنظرية "الإنفجار العظيم"، بقبول واسع النطاق بين معظم الفيزيائيين والفلكيين في عصرنا الحاضر. وكان الفيزيائي الروسي - الأمريكي "جورج جاموف" G.Gamow (١٩٠٤ - ١٩٦٨) هو أول من صاغ هذا الفرض صياغة واضحة عام ١٩٤٨. لكنه ظل مفترى إلى الدليل التجريبي حتى عام ١٩٦٥، حين التقط الفيزيائيان الأمريكيان "أرنو بنزياس" A.Penzias (١٩٢٣-٢) و "روبرت ويلسون" R.Wilson (١٩٣٦-٢) بحضرة الصدفة وباستخدام جهاز ضخيم لالتقاط الموجات القصيرة شعاعاً ضعيفاً منبعثاً من الفضاء. وحيث أن هذا الإشعاع لم يكن أشد كثافة في اتجاه الشمس، أو في اتجاه مجرة "درب التبانة" Milky way، فقد استنتجوا أنه يمثل بقية من الإشعاع الأصلي الناتج عن الانفجار العظيم. وبهذا الدليل القاطع على المعايير، ثبت فرض "جاموف" بشأن نشأة الكون. انظر: روبرت أغروس & جورج ستانيسلو: العلم في منظورة الجليلد، ص ٦٩.

(١١٤) إين نيكلسون: الزمان المتحول، ص ٢٤٤ وأيضاً د. كارل ساغان: الكون، ص ص

٢١٩-٢١٩.

ويوحى هذا الفرض بأن إنفجاراً عظيماً آخر سوف يعقب عملية الإنهيار.
وأن الكون ربما ظل يتذبذب على هذا النحو بين "إنفجار" و"إنكماش" إلى الأبد^(١١٥)، مما يذكرنا بنظرية "تيتشه" في التكرار الأبدى والزمان المغلق (ف ٨٤).

على أنه إذا كانت المادة الكونية غير كافية- وهذا افتراض آخر- فسوف يستمر التوسع إذن دون توقف. وهنا قد يبلغ الكون نهايته في "الإنسحاق العظيم" big crush كما بدأ في الانفجار العظيم. ووفقاً للشواهد الفلكية الحاضرة يبدو أن الخيار الثاني هو الأقوى^(١١٦).

هناك افتراض ثالث، نذكره فقط لقيّمته التاريخية، حيث أدى إكتشاف "بنزياس" و"ويلسون" لبقايا الإشعاع الكوني الناجم عن الانفجار العظيم، إلى إستيعاده بشكل قاطع من قائمة الفروض القابلة للتحقق. ويقضى هذا الافتراض المعروف بنظرية الحالة المستقرة للكون steady-state theory ، بأنه لما كانت تطورات الفيزياء النووية تنبؤنا بأن كل العناصر الثقيلة في الكون قد تكونت أصلاً نتيجة لتحول الهيدروجين داخل النجوم، فلا بد إذن من أن الكون كله تقريباً كان مركباً في البداية من الهيدروجين، وأن هذا العنصر

(١١٥) روبرت ألغوس في جورج ستانيسو : المرجع السابق ص ٦٢.

(١١٦) لين نيكلسون: المرجع السابق، ص ٢٤٩.

" تأكيدها لهذا الإفراض، أعلن علماء الفلك الأمر بكون في مطلع العام الحالي (١٩٩٦) ، أن صور النجوم المتفجرة التي إلتقطها التليسكوب الفضائي "هابل" ، تشير إلى أن الكون قد بدأ يتعرض لبطء في معدل نموه عن طريق التمدد ، وذلك فيما يمكن أن يكون مؤشراً إلى بداية إنهياره في عملية الإنسحاق العظيم. ويؤكد العلماء في الوقت ذاته أن هذه المرحلة لن تأتي قبل عشرات المليارات من السنين (عن جريدة الأهرام القاهرية ، العدد ٣٩٨٥٤ ، الخميس ١٨ يناير ١٩٩٦ ، ص ٥).

قد تولد، وسوف يظل يتولد تلقائيا دون توقف، ليبقى الكون مستقرا إلى مالا نهاية^(١١٧).

ومهما يكن من أمر ، يبدو من الأفضل، بل ومن الأبسط ، أن نُقر أولا وأخيرا بسلطان الإرادة الإلهية، وبقدرة الله اللامحدودة على الخلق والإفناء وقتما شاء، وكيفما أراد. وإلى هذه النتيجة ينتهى الفيزيائى الإنجليزى "إدوارد ميلن" E. Milne (١٨٩٦ - ١٩٥٠) بعد طول تمعن فى الكون الممتدد، حيث يقول : "أما العلة الأولى للكون فى سباق التمدد فأمر إضافتها متروك للقارئ، ولكن الصورة التى لدينا لا تكتمل بغير الله^(١١٨).

١٠٥ - مما سبق، يتضح أن النسبية بشقيها الخاص والعام، كانت هى اللمة التى تربع فوقها مفهوم الاتصال دون منازع. ولا يعنى ذلك أن الصعود إلى القمة قد تم بقفزة مفاجئة قام بها "آينشتين"، بل لقد كانت هناك درجات مرحلية مختلفة من الكشف العلمى، نجح آينشتين فى أن ينسق بينها بطريقة جمالية مبسطة. فهناك مثلا قوانين نيوتن للحركة، ومعادلات ماكسويل، وتحولات لورنتز، وفضاء منكوفسكى الرباعى الأبعاد، وهندسة ريمان الكروية. هناك بالإضافة إلى ذلك تعريف واضح للاتصال وضعه "كانتور" (ف ٧٧) ونجح بمقتضاه فى تحرير الإتصال من قبضة المتناقضات الخاصة باللاتناهى. كل هذه العوامل يمرت الطريق أمام آينشتين، وأتاحت له رسم الصورة العامة المتصلة للظواهر الكونية. أفلا يمكننا إذن المصادرة على تحقق الإتصال فى الطبيعة ؟؟ .

(١١٧) أغروس & ستانيسو : المرجع السابق ، ص ٦٢.

(118) Milne, E.,quited in Jastrow, R. : God and the Astronomers, Norton, N. Y, 1978, P.112.

نقلا عن المرجع السابق ، ص ٦٤.

الحق أننا نستطيع - على المستوى المحلى - أن نحصر معرفتنا بالعالم الخارجى بين حدين أساسيين: قطر الأرض (٦٣٧٠ كم = ١٠ × ٦,٣٧ سم). وأبعاد البكتريا (١٠^{-٤} - ١٠^{-٦} سم). ومن داخل هذين الحدين تتفق الهندسة الإقليدية والميكانيكا الكلاسيكية مع التجربة^(١١٩)، ويوفران لنا من الأدوات ما يكفى للحكم بتحقيق الاتصال. ولكن الإنسان دفع بالتجربة إلى ما وراء هذين الحدين، وذلك فى مجال النجوم، وفى مجال الذرة. ولدينا مقداران يميزان هذين الحدين الجديدين : المسافة التى تفصلنا عن أقرب النجوم إلينا (١٠ × ٣^{١٨} سم) ، وقطر نواة الذرة (١٠^{-١٠} - ١٠^{-١٢} سم)^(١٢٠). وقد رأينا فى المجال الأول كيف كان الاتصال سيدا للموقف. فهل نستطيع إذن تعميم هذه السيادة بحيث تشمل كافة الظواهر الفيزيائية بما فيها ظواهر المجال دون الذرى ؟؟ . هذا ما كان يصبو إليه أينشتين ورفاقه، لكن لطماء الكم رأى آخر لا تمتطيع إغفاله.

ثالثا : الكم والإفصال فى المجال دون الذرى.

١٠٦- وضعتنا نسبية أينشتين أمام تقرير صارم بشأن علاقتنا كذوات إنسانية بالعالم الخارجى. تلك المشكلة الفلسفية القديمة التى ما برحت تؤرقنا. وفحوى هذا التقرير بعبارة "أينشتين أن الحقيقة الفيزيائية تتسم بطبيعتها المستقلة عن يكابدونها"^(١٢١). فإذا قلنا مثلا أن الاتصال قائم فى الطبيعة، فمعنى ذلك أنه موجود كخاصية من خواص الظواهر الفيزيائية، سواء أدركنا ذلك أم لم

(١١٩) موريس دو كين : المادة وحده المادة ، ص ٣٩-٣٢.

(١٢٠) نفس الموضع .

(١٢١) أينشتين : النسبية الخاصة والعامة، ص ١٢٩ & أفكار وآراء ، ص ١٣٤.

ندركه. وما علينا سوى أن نجهد أنفسنا لاستشفاف هذه الحقيقة بواسطة التأمل العقلي والاستنتاجات الرياضية.

ولو أننا أمعنا النظر في هذا التقرير لوجدنا أنه لا يختلف كثيراً عما سبق وأقره "نيوتن"، فكلاهما يسجل للعالم الخارجي موضوعيته المطلقة، ويرسي للحقيقة قواعد استقلالها عن الذات العارفة، حتى ولو اختلفت طرائق الوصول إلى هذا الرأي بين كل من "نيوتن" و "آينشتاين".

ونلقى الآن وجهاً آخر من أوجه الحقيقة الفيزيائية، تُسجله لنا ميكانيكا الكم من داخل بُعد جديد من أبعاد العالم الخارجي، ألا وهو البُعد الذري. قلّنا كانت الميكانيكا الكلاسيكية قد أحكمت قبضتها على عالم المقاييس الإنسانية، بينما فتحت نسبية آينشتاين أمامنا طريقاً لاستكشاف الفضاء النجمي حتى أبعد نقاطه، فقد حملتنا ميكانيكا الكم إلى داخل الذرة، تلك الوحدة المادية اللامرئية التي (اعتبرها "نيوتن" - بإلهاء من ديموقريطس - بناءً مصمماً لامتصاً، فإذا بها تستجيب لمحاولات إختراقها فتتقسم، لتكشف عن عالم جديد، تلتصق فيه الذات بالموضوع، ويبدو "الانفصال" من خلاله وكأنما أبى إلا أن يشارك الاتصال تبوأه لعرش الفيزياء.

١٠٧- ويرجع شرف الريادة في عملية تحليل جسد الذرة الدقيق إلى الفيزيائي الإنجليزي "جوزيف طومسون" J. Thomson (١٨٥٦-١٩٤٠) الذي بدأ عام ١٨٨٦ سلسلة من التجارب في مجال التفريغ الغازي Gas Discharge - أي مرور التيار الكهربائي خلال الغازات - توجها عام ١٨٩٦ بعثوره على الإلكترونات منطلقاً من الذرة. فكان هذا الكشف بمثابة البداية لإقتحام عالم الذرة ورسم نموذج عقلي له^(١١٢).

لقد تخيل "طومسون" الذرة ككرة متجانسة من الكهارب ذات الشحنة الموجبة، تتوغل بداخلها الحبيبات الإلكترونية الخفيفة سالبة الشحنة، إلى أن يتحقق نوع من التوازن بين المجموع الكلى لكلا النوعين من الشحنات: الموجبة والسالبة. وهكذا تبدو الذرة في النهاية كلاً محايداً من الوجهه الكهربائية^(١٢٣).

وإنطلاقاً من هذا النموذج شرع العلماء في تفسير بعض خواص المادة التي كانت معروفة حتى ذلك الحين. منها على سبيل المثال: انبعاث الضوء المرئي من الأجسام المُسخَّنة إلى درجات حرارة عالية، وانبعاث أشعة إكس إذا ما إسطدم سيل من الإلكترونات السريعة بهدف مادي يعترضه، وأخيراً ظاهرة النشاط الإشعاعي الطبيعي التي إكتشفها الفيزيائي الفرنسي "بيير كوري" P. Curie (١٨٥٩-١٩٠٦) ، وزوجته البولندية الأصل "ماري كوري" M. Curie (١٨٦٧-١٩٣٤) ، والمتمثلة في انبعاث الإشعاعات: ألفا، وبيتا، وجاما، من الذرات الثقيلة كذرات اليورانيوم والراديو^(١٢٤).

(١٢٣) موريس دوكن: المرجع السابق ، ص ١٦.

(١٢٤) نفس الموضع.

* نظراً لعدم إدراك "طومسون" لوجود الفراغ داخل الذرة ، فقد إقتصرت تفسير العلماء لهذه الظاهرة النشاط الإشعاعي بإرجاعها إلى الحركة الإهتزازية السريعة للإلكترونات. ومن المعروف الآن أن هذه الظاهرة ناتجة عن عملية التحول التلقائي للنوية غير الثابتة أو النشطة أو المشعة للذرات عنصر ما إلى أنوية ذرات عنصر آخر عن طريق انبعاث أشعة ألفا Alpha أو بيتا Beta أو جاما Gamma . والأولى عبارة عن دقائق مادية موجبة الشحنة ، تماثل تماماً نوى ذرات الهيليوم، وهو غاز خامل خفيف جداً ، وتبلغ شحنتها ضعف شحنة الألكترون ، حيث تساوى الأخيرة =

لكن القفزة الكبرى في بناء النموذج الذري تمت عام ١٩١١، حين نشر الفيزيائي النيوزلندي "إرنست رذرفورد" E. Rutherford (١٨٧١-١٩٣٧) تقريراً حول تجاربه الخاصة بإختراق جسيمات ألفا لذرات ورقة رقيقة من الذهب. إذ لاحظ أن معظم هذه الجسيمات قد مرت مروراً مباشراً خلال الورقة، الأمر الذي يؤكد أن الذرة ذات بنية مخلخلة جداً، وليست ممثلة تماماً بالكهارب الموجبة كما اقترح "طومسون". ثم لاحظ "رذرفورد" أمراً أثار دهشته، ذلك أن بعضاً من جسيمات ألفا قد ارتدت من الورقة عائداً إلى منبعه، فاستنتج من ذلك وجود نواة صلبة موجبة الشحنة في مركز الذرة، لأنه ما كان لجسم مادي أن يصد جسيماً موجب الشحنة إلا إذا كان هو نفسه ذا شحنة موجبة. ولما كانت النواة موجبة، فليس من المعقول إذن أن تكون الإلكترونات بداخلها، بل لابد وأن تكون من البعد عنها بحيث لا تستطيع شحنتها السالبة أن تلغي شحنة النواة الموجبة^(١٢٥).

وهكذا أوشكت صورة الذرة أن تتضح : في المركز شحنة موجبة يتركز فيها مجموع الكتلة تقريباً، إنها النواة^{*}. أما هذا الفضاء الضخم الذي يغلف

(١-١٠٣٦، ١٩-١٠ كولوم). أما أشعة بيتا فهي حزم من الإلكترونات السريعة، لها قدرة اختراق أكبر من أشعة ألفا. وأما أشعة جاما فتشبه في خواصها أشعة أكس، وإن كانت تنفذها نفاذاً.

See : Textbook , Vol (3) , PP 402-409.

(١٢٥) ويلسون : الطاقة ، ص ١٦٩-٧٠.

* من المعروف الآن أن النواة بدورها تتحوى على نوعين من الجسيمات الأولية ، الأول يعرف بـ"البروتون" ، وله شحنة كهربائية موجبة مساوية لشحنة الإلكترون . أما الثاني فيعرف بـ"النيوترون" ، وهو خال من الشحنة. وهكذا تكون النواتق الأساسية المكونة للذرة هي الإلكترون والنيوترون والبروتون.

See : Textbook, Vol (3) , PP 438 FF.

النواة، فيحتوى على الشحنات السالبة، وتلك هى الإلكترونات السريعة ذات الحركة الكوكبية. والتي يكون عددها بحيث يجعل الذرة متعادلة كهربائياً^(١٢٦).

ورغم فاعلية هذا النموذج فى تفسير الخواص المختلفة للمادة على نحو أدق مما أتاحه نموذج "طومسون"، إلا أنه عجز عن إمتيعاب أهم ملمح من الملامح المميزة للذرة، ألا وهو ثباتها الهائل. فقد نستطيع تمثيل الحركة الإلكترونية حول النواة بحركة الكواكب حول الشمس، ولكن علينا أن نتذكر أن للإلكترون طاقة، وأن هذه الطاقة - وفقاً لمعادلات ماكسويل- لابد وأن تتبدد بالحركة الدورانية، مما يعنى حتمية إقتراب الإلكترون من النواة، وسقوطه بداخلها خلال جزء ضئيل من الثانية. فكيف نفسر إذن هذا الثبات الهائل الذى تقسم به الذرة ٢٢. لم يستطع "رذرفورد" تقديم تفسير شافٍ لهذه السمة، لكن التفسير الواضح والشاف جاءنا عن طريق عالم شاب من الدنمارك، يدعى "نيلزبوهر" N. Bohr (١٨٨٥-١٩٦٢) كان مشبعاً بفرض جديد يعرف بفرض الكم^(١٢٧).

أ- نظرية الكم Quantum Theory

١٠٨- يرتبط ميلاد فكرة الكم بظاهرة فيزيائية مألوفة للحس المشترك، تعرف بظاهرة "الإشعاع الحرارى" Thermal radiation. فإذا سُخِّنت قطعة من المادة - ولتكن سائلاً من الحديد مثلاً- إلى درجة حرارة عالية، فإنها تبتدى فى التوهج، وتبعث إشعاعاً أحمر. ومع إستمرار التسخين يتحول

(١٢٦) موريس دوكنين : المادة وجد المادة ، ص ١٧.

Also Textbook, Vol (3), PP 377-378.

(127) Morris, R: Dismantling the universe, OP-Cit, PP 74-75.

لون القطعة إلى البرتقالى فالأصفر، وأخيرا إلى اللون الأبيض الجامع لكافة ألوان الطيف المعروفة^(١٢٨).

هذه الظاهرة على بساطتها، كانت موضعاً لإهتمام العلماء خلال الربع الأخير من القرن التاسع عشر، لاسيما بعد أن لاحظوا تباين الأطوال الموجية للإشعاعات الناجمة عن المادة المسخنة، وإرتباط ذلك التباين بدرجات الحرارة المختلفة لتلك المادة. ومن جملة القياسات والتجارب التى أجريت فى ذلك الحين، توصل العلماء إلى قانونين رياضيين يحكمان الظاهرة، ويتفقان مع الروح العامة للميكانيكا الكلاسيكية، حيث الإعتقاد الجازم بأتصال الظواهر الفيزيائية، ومنها الإشعاع. هذين القانونين هما^(١٢٩):-

١- قانون إستيفان -بولتزمان :- [نسبة إلى عالمى الفيزياء النمساويين "جوزيف إستيفان" J. Stefan (١٨٣٥-١٨٩٣) & "لودفيج بولتزمان" L. Boltzmann (١٨٤٤-١٩٠٦)] . وينص على أن معدل الطاقة

(١٢٨) هاينريخ: الفيزياء والفلسفة، ص ٢١.

* من المعروف أن لون الإشعاع الناجم عن التسخين لايتمد كثيرا على سطح المادة، وإنما على درجة حرارتها. وقد إكتشف الفيزيائى الألماني "جوستاف كيرشوف" G.Kirchhoff (١٨٢٤-١٨٨٧) عام ١٨٥٩ أن الجسم المجد الإمتصاص يكون أيضا جيد الإشعاع. وبذلك يكون الجسم الأسود Black Body الذى يمتص كل الأشعة التى تسقط عليه هو الفضل الأجسام المشعة، وأكثرها ملائمة لإجراء التجارب.

See : Textbook, Vol(3) , PP 325-26

(١٢٩) د. محمد على العمر : مسيرة الفيزياء ، ص ٦١.

الإشعاعية المنبعثة من الجسم الأسود كل ثانية يتناسب مع درجة الحرارة المطلقة* للجسم مرفوعة للأس الرابع.

٢- قانون فين الإنشعاعي: [نسبة إلى الفيزيائي الألماني "وليم فين" W. Wien (١٨٦٤-١٩٢٨)]. ويقول بأن المنحنى الطيفي الممثل للطاقة الإشعاعية المنبعثة من الجسم الأسود يبلغ ذروته عند طول موجة معين. وأن طول هذه الموجة يتناسب عكسيا مع درجة حرارة السطح. بمعنى أن هناك مدى موجي معين يتلغ عنده شدة الإشعاع نهايتها العظمى. وينزاح هذا المدى نحو الطول الموجي الأكبر مع إرتفاع درجة الحرارة .

وعندما دخل "ماكس بلانك" هذا المجال البحثي عام ١٨٩٥، كانت كل المحاولات التي بُذلت لدمج القانونين في قانون واحد مُركب -يُتوافق والمعطيات التجريبية- قد باءت بالفشل. فلقد كان التقليد السائد يُوحى بأن الإشعاع لا بد وأن ينبعث على نحو متصل. ومن ثم فإن ذرات الجسم الساخن تستطيع الإهتزاز بأى مقدار من الطاقة مهما كان صغيرا. ولكن باستخدام هذا التصور، فشل العلماء في تفسير كيف تتوزع طاقة الإشعاع بين الأطوال

* تحسب درجة الحرارة المطلقة بداية من الصفر المطلق. وهذا الأخير يساوى وفقا للقياسات الحديثة حوالى ٢٧٣,١٥ درجة تحت الصفر، وهى الدرجة التى تتوقف عندها الحركة الحرارية تماما. ويسمى لترجيح درجات الحرارة المطلقة المحسوب لبعاء من هذا الصفر المطلق بـ"كلفن" أو مقياس - kelvin temperature scale نسبة إلى الفيزيائي الإنجليزي "لورد كلفن". ويرمز لدرجات هذا التريج بالرمز $^{\circ}K$.

أنظر: لاندائ وآخرون: الفيزياء العامة، الهندس (٥٠)، ص ١٧٩ و أيضا معجم الفيزياء الحديثة، مادة "مقياس كلفن لدرجة الحرارة" ج١، ص ١٥٩.

الموجبة المختلفة، الأمر الذي أصبح يُمثل فجوة ساطعة في المعرفة العلمية لاسيبل إلى ملئها^(١٣٠).

وهكذا وجد "بلاك" نفسه أمام ورطة نظرية، لامخرج له منها إلا بنبذ الفرض القديم واللجوء إلى الفرض المضاد القائل بأن الإشعاع ينبعث، لا على شكل تيار متصل، وإنما على شكل دقات منفصلة، يمثل كل منها جزء لا يتجزأ من الطاقة^(١٣١). بعبارة أخرى، لا ينبغي لذرات الجسم الساخن أن تهتز مع كل القيم الممكنة للطاقة، وإنما تهتز فقط عندما تكون طاقتها مساوية لمقدار يتناسب مع التردد * Frequency، وبالأذات عندما تكون الطاقة (ط) مساوية للمقدار (هـ) أو (هـ ٢) أو (هـ ٣) أو . . . (ن هـ ٤).

حيث (هـ) هو تردد الجسم، (هـ) مقدار ثابت يعرف بـ "ثابت بلاك" Plank constant، ويساوى $١٠ \times ٦,٦٢٥ - ٣٤$ جول/ث. أما الكمية (هـ) فقد أطلق عليها بلاك اسم "وحدة الكم" أو "الكوانتم"^(١٣٢).

١٠٩- والحق أن بلاك لم يكن ثوريا بطبيعته، وإنما كان كلاسيكيا محافظاً، أمينا على أفكار القرن التاسع عشر، لكن النتيجة التي إنتهى إليها عام ١٩٠٠ كحل لمشكلة الإشعاع الحراري، وضعته رغم أنه في مصاف الثوريين^(١٣٣).

(130) Morris : OP. Cit, P66.

(131) Ibid.

* "التردد" هو عدد الدورات الكاملة في الثانية، التي يؤديها نظام إهتزازي، ويقاس بوحدة الهرتز Hertz، المسوية إلى الفيزيائي الألماني "هرتز" تقديرا لأعماله. (معجم الفيزيكا الحديثة، مادة "تردد"، ج١، ص ١٠٨).

(132) Eddington, A.S. : the nature of the physical world, J. M.

Dent & Sons Limited, London, 1928, P.153.

(133) OP. Cit, P65.

ولاغرو، فقد كانت فكرته عن الكم من الجدة بحيث لم يكن من المستطاع تكييفها داخل الهيكل التقليدي للفيزياء. ورغم محاولاته المتتالية لمصالحة هذه الفكرة مع القوانين الأقدم للإشعاع، إلا أنها كانت تطل برأسها فى كل مرة مُعلنة جذارتها بالتنبؤ. وهكذا عاشت فكرة الكم بلا إستقرار لمدة خمس سنوات، تنتظر الدعم والتأييد، وهو ما تحقق عام ١٩٠٥ حين نشر أينشتين تفسيره لظاهرة "التأثير الكهروضوئى" *Photoelectric effect* ، مُعلنا ذرية الإشعاع (١٣٤).

والتأثير الكهروضوئى ظاهرة فيزيائية من إكتشاف الفيزيائى الألماني "هاينريخ هيرتز"، وتتمثل فى إثبعاث الإلكترونات من سطوح المعادن تحت تأثير الإشعة الضوئية أو فوق البنفسجية (١٣٥). ولما كانت النظرية الموجية للضوء وقتئذ فى أوج إنتصاراتها بفضل أبحاث "غرينيل" و "توكوه" (ف ٨٨)، فقد جرى تفسير الظاهرة بإرجاعها إلى الطاقة التى يمتصها الإلكترون من الإشعاع بشكل متصل. ويتبع ذلك أن تكون طاقة الإلكترون المنزع من سطح المعدن متناسبة مع شدة الموجة الساقطة، بغض النظر عن تردد الإشعاع. ومن ثم فلا بد وأن تتوقف الظاهرة تماما إذا ما كان المصدر

(١٣٤) هاينريخ: الفيزياء والفلسفة، ص ٢٢.

* لايحى ذلك خمس آينشتين للقول بالإنفصال فى المجال دون الحزى على حساب الإتصال، ذلك أن إسهاماته فى ميدان الكم كانت مرتبطة دائما بإكايذ ثابت على أنها نظرية غير مكتملة، يؤكد ذلك محاولاته التى إستمرت حتى وفاته عام ١٩٥٥ لإستكمال نظرية المجال الموحد *unified Field Theory* التى تجمع بين قوانين الجاذبية والكهرومغناطيسية تحت لواء مقولة الإتصال.

See: Morris, OP. Cit, PP 71 FF.

(١٣٥) دوكن: المادة ووجد المادة ، ص ٣٦.

الضوئي بعيدا عن المادة (نتيجة لضعف شدة الموجة)، بينما يزداد عدد الإلكترونات المنتزعة، وتردد طاقتها، إذا ما كان المصدر قريبا^(١٣٦).
على أنه لوحظ خلال التجارب التي أجراها الفيزيائي الألماني "فيليب لينارد" Ph. Lenard (١٨٦٢-١٩٤٧) حول هذه الظاهرة شيء مختلف تماما. ذلك أن أضعف تيار من الإشعاع ينتج عنه تسرب عدد محدود من الإلكترونات ، بحيث يتحرك كل إلكترون بنفس القوة التي يتحرك بها تحت تأثير تيار أضعف. أما إذا أنقصنا تردد التيار، أى غيرنا اللون باتجاه الأحمر، فإن الظاهرة تتوقف فجاء. ومعنى ذلك أنه وإن كان عدد الإلكترونات المنطلقة من سطح المعدن يتناسب مع شدة الإشعاع، إلا أن طاقتها تعتمد فقط على التردد وليس على الشدة^(١٣٧).

وبينما عجزت النظرية الموجية عن تفسير الظاهرة، وجد "آينشتاين" فى فرض بلاك الكماتى تفسيرها المناسب، فأعلن أن امتصاص الإشعاع من قبل المادة إنما يتم بطريقة متجزئة، وأن لهذا الإشعاع نفسه بناءً حبيبيًا، قوامه كمات صغيرة من الضوء تعرف بـ"الفوتونات" Photons ، لكل منها طاقة مساوية للمقدار (هد) - حيث ه ثابت بلاك ، د تردد الإشعاع الساقط - فإذا انخفض التردد عن حد معين يعرف بـ"تردد المَبْدَى" threshold frequency ، تكون طاقة الفوتون أقل من الطاقة اللازمة

(١٣٦) نفس المرجع، ص ٣٧.

(١٣٧) نفس الموضع، وأيضا :

جيمس جيز : الفيزياء والفلسفة ، ص ١٧٧.

* تردد المَبْدَى هو تردد أصغر كم ضوئى يكفى لإطلاق فوتو إلكترون من جسم جامد أو سائل.
(معجم الفيزياء الحديثة، مادة "تردد المبدى" ، ج ٢ ، ص ٣٢١).

لنزع الإلكترون من سطح المعدن. أما إذا كان تردد الإشعاع مساويا لتردد المبدى، فإن طاقة الفوتون حينئذ تكون كافية فقط لتحرير الإلكترون، دون أن تمنحه أى قدر من طاقة الحركة.

ومن ثم فإن إكتساب الإلكترون لطاقة الحركة يستلزم أن يكون تردد الإشعاع أكبر من تردد المبدى، وذلك وفقا للمعادلة^(١٣٨) :-

$$ش = هـ د - هـ د م$$

(حيث (ش) طاقة حركة الإلكترون، (هـ د) طاقة الفوتون، (هـ د م) هى الطاقة اللازمة لإنتزاع الإلكترون من سطح المعدن، أى أن (د م) هو تردد المبدى) .

ومن الطبيعى أن يكون لكل عنصر فلزى نهاية صغرى لتردد الإشعاع الضوئى القادر على تحرير الإلكترونات (تردد المبدى)، أى أن لكل عنصر بداية كهروضوئية^(١٣٩).

ولا شك أننا بهذا التفسير نعود بشكل ما إلى القول ببناء جسيمى للضوء، إلا أننا على أية حال نواجه أيضاً بعنصر موجى لاغنى عنه، ألا وهو التردد.

هذا فضلا عن أن الفوتون الذى يتبدى لنا كجسيم من خلال ظاهرة التأثير الكهروضوئى يعلن أيضاً، ويقوة، عن خواصه الموجية من خلال ظواهر أخرى كالتداخل والحيود (ف٨٨) مثله فى ذلك مثل الإنسان الواحد، يظهر مشاعر الود والحب تجاه ذويه، ولكنه يظهر أيضا مشاعر العداة تجاه

(138) Textbook , Vol (3) , p 334.

(١٣٩) جيز : المرجع السابق، ص ١٧٧.

خصومه. إنه في النهاية الشخص ذاته. أليس من الطبيعي إذن أن نوحّد بين مفهومى الموجة والجسيم إذا ما أردنا فهم طبيعة الضوء^(١٤٠).

١١٠- الخطوة الهامة التالية في مجال الكم، قام بها "بوهـر" عام ١٩١٣ على صعيد الذرة. ففي الوقت الذي وصلت فيه جهود "ذررفورد" الرامية إلى استكمال بناء نموذج الكوكبي للذرة إلى طريق مسدود، تقدّم "بوهـر" بافتراض جرىّ يحمل حلاً لصعوبات ذلك النموذج، لاسيما التناقض الواضح بين القول بحركة مدارية تستنزف طاقة الإلكترون وبين الثبات الهائل للذرة (ف١٠٧).

ويقضى افتراض "بوهـر" بأنّ إنبعاث طاقة الإلكترون من داخل الذرة، لا يمكن أن يتم بطريقة متصلة، وإنما بطريقة منفصلة، قوامها المقدار (هــد) المساوي لطاقة الفوتون. بعبارة أخرى، قرر "بوهـر" تكميت طاقة الذرة بإقتداء ببلاك الذي كمّت طاقة الإشعاع^(١٤١).

ولتحقيق ذلك إختار "بوهـر" معالجة ذرة الهيدروجين، بوصفها أبسط أنواع الذرات، فهي تحوى إلكترونًا واحدًا يدور بمفرده حول النواة. ثم أضاف إلى تصورات "ذررفورد" عددا من المسلمات يمكن تميمها على كافة أنواع الذرات، وهي^(١٤٢) :-

١- تتحرك الإلكترونات حول النواة في مدارات محددة definite orbits تعرف باسم "مستويات الطاقة" energy levels . ولا يجوز لأيّ إلكترون أن يتحرك في غير المدار المخصص له.

(١٤٠) د. محمد علي العمر : مسيرة الفيزياء ، ص ٦٧.

(١٤١) دوكنين : المادة وحاد المادة ، ص ٤٢.

(١٤٢) نفس المرجع ، ص ٤٣ . وأيضاً :

٢- لا يصدر الإلكترون أى إشعاع طالما كان يتحرك فى مستوى الطاقة الخاص به.

٣- عندما يقفز الإلكترون من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أقل، فإنه يصدر كمّاً من الطاقة (هـ د) مساو لمقدار الفرق فى الطاقة بينهما، أى
أن : هـ د = طأ - طا،

(حيث طأ، طاقة الإلكترون فى المستوى الأعلى، طا، طاقته فى المستوى الأدنى). والعكس صحيح، إذ يمكن للإلكترون أن يمتص كمّاً من الطاقة قادماً من الخارج، فينتقل بذلك من مستوى إلى مستوى أعلى منه. وبهذا التصور تجاوز "بوهر" قوانين "ماكسويل" الحاكمة لحركة الشحنات الكهربائية، وبدت الذرة لا تركيب دائب التغيير، يتسرب منه الإشعاع كما يتسرب الغاز من البالون المتقوّب، بل كتركيب يطلق ويمتص الإشعاع فى صورة وحدات كمّاتية محددة^(١١٦)، تحفظ للذرة ثباتها المعهود، وتفتح الطريق أمام مقولة الانفصال، لتحتل مكانها المتميز فى قلب الفيزياء الذرية المعاصرة.

ب- الميكانيكا الموجية Wave Mechanics.

١١١- ورغم التوافق الفريد الذى حققه نموذج "بوهر" مع النتائج التجريبية، إلا أنه كان يحتاج لبعض التحسينات. وتلك هى المهمة التى قام بها الفيزيائى الألمانى "أرنولد سمرفيلد" A.Sommerfeld (١٨٦٨-١٩٥١) عام ١٩١٦، حين ضم إلى مدارات "بوهر" الدائرية، مدارات أخرى للإلكترون

(١٤٣) جيز : الفيزياء والفلسفة، ص ١٩٩.

على شكل قطع ناقص ellipse ، وهى أكثر عمومية من المدارات الدائرية. كما إستخدم الميكانيكا النسبية لمعالجة حركة الإلكترون فى مداراته^(١٤٤).

ومن ناحية أخرى، قام الفيزيائى النمساوى "وولفجانج باولى" W.Pauli (١٩٠٠-١٩٥٨) عام ١٩٢٤ بتنظيم مواقع الإلكترونات على المدارات المختلفة داخل الذرة، وذلك بصياغته لمبدأ الإستبعاد exclusion principle، الذى ينص على أنه "لا يمكن لإلكترونين متجاورين فى مجموعة كمية واحدة أن تكون لهما نفس الحالة الكمية تماما". بمعنى أن لكل إلكترون داخل الذرة منسوباً كمياً يحدد موقعه على المدار المخصص له، ولا يمكن لأى إلكترون آخر أن يشغل هذا الموقع إلا بمغادرة الأول له. وقد ساعد هذا المبدأ على فهم النماذج المعقدة لمواقع الإلكترونات داخل ذرات العناصر المختلفة، ومن ثم تحديد الخواص الكيميائية لتلك العناصر^(١٤٥).

ومع كل هذه الجهود بقيت صورة الذرة باهتة يشوبها بعض الغموض، فالميكانيكا النسبية التى إستخدامها "سمرفيلد" وغيره فى مجال الكم، هى فى جوهرها ميكانيكا للمتصل، تستقيم للنظرية الموجية. ولكننا نعالج الآن وحدات كمائية محددة، تُرسخ مقولة الانفصال. ألسنا إذن فى حاجة إلى توليفة جديدة من المعادلات تخبرنا بحق عما يدور داخل الذرة؟.

كان هذا هو السؤال الأكثر إلحاحاً بين جموع الفيزيائيين فى ذلك الوقت. أما إجابته، فلم تتضح حتى أعلن الفيزيائى الفرنسى "لويس دي بروى" L.de

(١٤٤) د. محمد على العمر : المرجع السابق، ص ٧٧ .

(145) Crease,R.P. & Mann,C.C. : the second creation' "Makers of the revolution in twentieth century physics" ,Macmillan publishing compony, N.y, 1986, p 95.

Brogie (١٨٩٢-١٩٨٧) مشروعه لتأسيس الميكانيكا الموجية عام ١٩٢٥.

أعاد "دى بروى" طرح السؤال ليحمل إجابته فى داخله، ثم وضعه فى صورة فرض أساسى على النحو التالى : "لقد جزأ التكميت - إستنادا إلى العلاقة الأساسية (ط-م د) - الإشعاع الذى كان من قبل لا يتميز إلا بالتردد وحده. ألا يُضفى هذا التكميت إذن - إذ يتسلل إلى الذرة لكى يحدد فيها حالات ثابتة للإلكترون - طابعا موجيا على الحيات النهائية للمادة؟"^(١٤٦).

وإنطلاقا من هذا الفرض، إمتد "دى بروى" بثنائية "الموجة - الجسم" التى تميز بها فوتون "أينشتين"، إلى الجسيمات الأولية للمادة لاسيما الإلكترونات ويات من الضرورى أن يكون لكل إلكترون موجة مصاحبة، طولها (λ) مساو لحاصل قسمة ثابت بلانك (هـ) على كتلة الإلكترون × سرعته . هذه الموجة تحمل الإلكترون أينما توجه ، وتحدد له الإتجاه الذى ينبغي أن يتبعه"^(١٤٧).

وسرعان ما توالى التأييدات التجريبية لهذا الفرض، ففى عام ١٩٢٦ ، أعلن الفيزيائيان الأمريكان : كلنت جوزيف دافيسون "C.J.Davisson" (١٨٨١-١٩٥٨) & "هلبرت جيرمر" H.Germer (١٨٩٦-١٩٧١) من جانب، والفيزيائى الإنجليزى "جورج باجت طومسون" G.P.Thomson (١٨٩٢-١٩٧٥) من جانب آخر، أنه عندما تعبر حزمة من الإلكترونات إحدى الرقائق المعدنية الرفيعة جدا، تتولد ظواهر حيود مشابهة لتلك التى نحصل عليها بإتعاكاس أشعة إكس. وهكذا فالإلكترونات التى تعبر المعدن

(١٤٦) دوكنين : المرجع السابق ، ص ٥٤.

(١٤٧) هولمان : قصة الكم الخيرة ، ص ٦٥.

تتحرف، لا كما تتحرف الجسيمات، ولكن كما تتحرف موجات ترددها أكبر بحوالى مليون مرة من تردد الضوء المرئى^(١٤٨). وبهذا الدعم التجريبي أصبح لموجات المادة وجودا واقعيًا لامراء فيه، واكتسبت النظرية الموجية صفة الشريك الأساسى فى عملية الحركة الإلكترونية داخل الذرة.

١١٢- وكان من الطبيعى إزاء هذا الظهور المفاجئ لموجات "دى بروى" أن يشتمل الصراع من جديد بين النظريتين : الموجية والجسيمية. أو بتعبير أدق، بين مقولتى الإتصال والانفصال. فمن جانبه جاهد "دى بروى" فى سبيل الحصول على تفسير لحركة الإلكترون داخل الذرة، يوحد بين المقولتين، ويشبع فى الوقت ذاته تصور الفيزياء الكلاسيكية لفكرة السببية^(١٤٩)، فاقترح ضرورة تفسير الشرط الكمائى فى نموذج "بهر" على أنه تعبير عن موجات المادة، بحيث يكون طول محيط المدار الإلكتروني حول النواة مساوياً لعدد صحيح تام من مضاعفات طول الموجة^(١٥٠).

لكن إقتراح "دى بروى" كان يفتقر إلى المعادلات الرياضية اللازمة لإعطاء التوصيف الكامل له وهو ما تحقق من خلال تطويرين مختلفين. أما التطوير الأول فقد قام به الفيزيائى الألمانى "فيرنر هايزنبرج" W. Heisenberg (١٩٠١-١٩٧٦)، الذى نجح قبل نهاية عام ١٩٢٥ فى ابتكار وسيلة رياضية بارعة لإعطاء هذا التوصيف، عُرفت بإسم "ميكانيكا

(١٤٨) دوكنين: المرجع السابق، ص ٥٥.

(١٤٩) نفس المرجع، ص ٥٦.

(١٥٠) هايزنبرج: الفيزياء والفلسفة، ص ٢٦.

المصفوفات "Matrix Mechanics"، أو - بشكل أكثر عمومية - "ميكانيكا الكم" (١٥١).

والمصفوفات في لغة الكم ماهي إلا تمثيل رياضي صوري على هيئة جداول مربعة لمجموعتين من الكميات، تُحددان حركة الإلكترون داخل الذرة، ونرمز لهما بالحرفين م، ك (حيث تشير (م) إلى مكان الإلكترون، بينما تشير (ك) إلى كمية حركته المساوية لحاصل ضرب كتلته \times سرعته) وقد رأينا من قبل أن طول موجة "دي بروي" مساو لحاصل قسمة ثابت بلانك على كمية حركة الإلكترون أي أن :

$$\lambda = h / K$$

أما عناصر هذه المصفوفات فتمثل الترددات المختلفة المرتبطة بالقيم المتغيرة لكل من م، ك . وباستبدال المعادلات المعبرة عن هذه المصفوفات بمعادلات الحركة لنیوتن استطاع هايزنبرج أن يستخلص القيم الصحيحة لمستويات الطاقة بطريقة صورية بحتة (١٥٢).

أما التطوير الثاني فقد أنجزه الفيزيائي النمساوي "إروين شرودنجر" E.Schrodinger (١٨٨٧-١٩٦١) في أوائل عام ١٩٢٦.

بدأ "شرودنجر" من حيث إنتهى "دي بروي"، ثم استطاع من خلال توليفة جديدة من المعادلات، تجمع بين قوانين "نیوتن" لحركة الجسيمات المادية، وقوانين "ماكسويل" للمجال، أن يصل إلى "المعادلة الموجية" wave

(١٥١) نفس المرجع، ص ٢٧.

(١٥٢) نفس المرجع .

equation، أو إلى القانون الذى تنبئ وفقا له الموجات من مادة ما، تقع تحت تأثير مجال كهرومغناطيسى^(١٥٣).

وبهذه المعادلة التى عُرفت فيما بعد بـ "معادلة شرودنجر" Schrodinger equation، إزدادت ثقة العلماء فى صحة التعبيرات الرياضية المصورة لحركة الإلكترونات داخل الذرة، لاسيما بعد أن أثبت "شرودنجر" تطابق "الميكانيكا الموجية" التى إستكمل بناءها مع "ميكانيكا الكم". وبالتالى فإن ثمة تعبيرين رياضيين مختلفين لموضوع واحد^(١٥٤). ولكن بأى معنى فيزيائى يمكن ترجمة البناء الرياضى للذرة ؟ .

إن مفارقات الثنائية بين الصورة الموجية والصورة الجسيمية لم تنته بعد. لقد كانت مخيبة بطريقة ما فى النسق الرياضى.

ج- تفسير كوبنهاجن Copenhagen interpretation.

١١٣- أثارت معادلة "شرودنجر" فور ظهورها جدلا واسعا فى الأوساط العلمية حول المعنى الفيزيائى لبنياتها الرياضية. فإذا كان الإلكترون "موجة" كما تخبرنا المعادلة، فما هى طبيعة تلك الموجة؟. هل هى كموجات "ماكسويل" الكلاسيكية؟ وإذا كانت هكذا بالفعل، فهل يعنى ذلك أن سلوك الإلكترون داخل الذرة يتم على نحو متصل؟ بل وإذا كان ذلك صحيحاً، فأين إذن قفزات الكم التى قال بها "بوهر" وتحسب لها "هاينزبرج" ٢٢ .

(١٥٣) هاينزبرج: الجزء ٥ والكل (محاوالت فى مضمار الفيزيكا الذرية، ترجمة وتحقيق محمد أسعد

عبد الرؤوف، تقديم د. على حلمى موسى، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٦)

ص ٩٤ .

(١٥٤) نفس الموضوع.

لقد ترددت هذه الأسئلة وغيرها كثيراً على ألسنة الفيزيائيين خلال تلك الفترة، ولم يكن من السهل تقديم إجابة شافية بلغة الفيزياء الكلاسيكية، تلك التي تنطبق بمفاهيم الزمان، والمكان، والسببية، كأطر حاملة للحقيقة الفيزيائية.

التفسير الأشهر في هذا الشأن هو ذلك الذى تقدم به "بوهر" وزميله الالماني "ماكس بورن" M.Born (١٨٨٢-١٩٧٢) باستخدام مفهوم "موجة الاحتمال" probability wave. ووفقاً لهذا التفسير ليست الموجات الإلكترونية التى تصفها المعادلة موجات حقيقية ذات أبعاد ثلاثية. ولكنها فقط موجات إحتمال، تُحدد شدتها فى كل نقطة، إحتمال أن تبعث الذرة - أو تمتص - فى هذه النقطة كمّاً ضوئياً، وذلك وفقاً لقياسات إحصائية متوسطة^(١٥٥).

بعبارة أخرى، ليست الموجات سوى تركيبات عقلية تمكّننا، لامن رؤية ما سوف يحدث، ولكن ما يجوز أن يحدث. فنحن لا نعرف مثلاً أين يوجد الإلكترون داخل الذرة، ولكننا نعرف بالطبع أنه يجب أن يوجد فى حيز محدود من المكان، هو ذلك الذى تخططه الموجات فى كل لحظة. وقد نعرف أنه من الأرجح أن يكون فى المنطقة (أ) بدلاً من غيرها (ب). فإن صح هذا فالموجات تمثل هذه المعرفة على أنها أشد فى المنطقة (أ) من المنطقة (ب) ، وهكذا^(١٥٦).

(١٥٥) هايزنبرج: الفيزياء والفلسفة، ص ٢٨.

(١٥٦) جينز: الفيزياء والفلسفة، ص ١٨٦.

الموجات إذن بالمفهوم الكمى هى نزعة إلى شئ ما. شئ يقف فيما بين فكرة الحدث والحدث الواقعى، أو هى نوع من الواقع الفيزيقي يقف وسطا ما بين الإمكان والواقع^(١٥٧).

١١٤- كان هذا التفسير مرضيا لعدد كبير من علماء الكم، أولئك اللذين أزعجهم أن يكون الاتصال سمة حقيقية من سمات الظواهر الذرية. لكنه على أية حال لم يكن ليرض عدداً آخر، لعل أبرزهم فى هذه المرحلة "شرودنجر" نفسه، الذى جاول من خلال بحث له بعنوان "أثمة قفزات كم ؟" أن يهجر تماما فكرة القفزات الكمائية، وأن يُحل موجات المادة ثلاثية الأبعاد محل الإلكترونات داخل الذرة^(١٥٨).

لقد اعتقد "شرودنجر" أنه بالانتقال من فكرة الجسيمات البحتة إلى فكرة الموجات المادية يمكننا التغلب على كل المتناقضات التى حالت دون فهم صحيح لنظرية الكم.

فموجات المادة يجب أن تكون عمليات ظاهرية فى "الزمان" و"المكان"، بنفس المنطق الذى تعودنا به أن ندرك "الموجات الكهرومغناطيسية" أو "الموجات الصوتية" فى الفيزياء الكلاسيكية. ومن ثم فإن عنصر "الانفصال" الذى يُعلن عن نفسه بوضوح من خلال قفزات الكم، يجب أن يختفى تماما من النظرية^(١٥٩).

يقول "شرودنجر": "هناك يزعم البعض أن الإلكترون الموجود فى ذرة ما يدور فى "مسار" معين بطريقة دورية دون أن يُشع. بيد أن هؤلاء لا

(١٥٧) هايزنبرج: المرجع السابق، ص ٢٨.

(١٥٨) نفس المرجع، ص ٢٩، ص ١٠٠.

(١٥٩) هايزنبرج: الجزء والكل، ص ٩٥.

يُعطون أسباباً واضحة لعدم إشعاع الإلكترون ، فنحن نعرف وفقاً للنظرية "ماكسويل" ، أن الإلكترون المتحرك لابد وأن يُشع طاقة ثم بعد ذلك يقول البعض أن الإلكترون يَفُزُّ من هذا المسار إلى آخره ، مما يؤدي إلى وقوع عملية الإشعاع. وإذن فالسؤال المنطقي هو : هل يتم هذا الانتقال بالتدريج أو فجأة ؟. إذا كان يتم بالتدريج فإن على الإلكترون أن يغير تردده دوراته "وطاقته" بالتدريج. . . لما إذا حدثت عملية الانتقال فجأة . . . فعلى أن نسأل أنفسنا عن كيفية ترك الإلكترون لمساره أثناء عملية القفز . لماذا لا يُشع الإلكترون أثناء ذلك طيفاً متصلاً كما تتطلب نظرية الظواهر الكهرومغناطيسية ؟. وتحت أي قانون تتم حركته خلال القفز ؟. ومن هنا فإن كل التصورات حول القفز الكمي ما هي إلا أوهام كاذبة^(١٦٠).

كانت تلك هي إحدى مقولات "شروينجر" أثناء حوار دار بينه وبين "بوهر" في خريف عام ١٩٢٦ ، ولم ينته الحوار إلى نتيجة حاسمة ، بل ظهر أن كلا التفسيرين ينقصه الثبات المنطقي. وعلى حين ظل "شروينجر" متمسكاً بموقفه دون تعديل ، توصل "بوهر" و"هايزنبرج" ، كل على حدة ، إلى تفسير جديد يُعرف الآن بتفسير كوبنهاجن. ومنذ الأشهر الأولى لعام ١٩٢٧ ، وحتى يومنا هذا ، إكتسب هذا التفسير لقب التفسير الرسمي للنظرية.

١١٥- صاغ "هايزنبرج" تفسيره الجديد إطلاقاً من حوار بينه وبين "آينشتاين" تم في نفس الوقت الذي تحاور فيه "بوهر" و"شروينجر" ، حيث قال آينشتاين : "لعله من الخطأ تأسيس نظرية ما على الكميات القابلة

(١٦٠) هايزنبرج : الجزء والكل (من محاورته بين "بوهر" و"شروينجر" تمت بمجلد "بوهر" في خريف عام ١٩٢٦) ص ٩٧-٩٨.

للمشاهدة فقط، ذلك أن الواقع هو العكس تماما، فالنظرية هي التي تحدد ما يمكن مشاهدته، كما أن المشاهدة في حد ذاتها تعد عملية معقدة للغاية^(١٦١).

هذه المقولة لأينشتين كانت في نظر " هايزنبرج " هي المفتاح السحري لبوابة الكم المغلقة. فلقد أظهرت التجارب أننا لا نستطيع تحديد موضع الإلكترون وسرعته داخل الذرة بالدقة الكافية- نتيجة لقصور أجهزة القياس ، فضلا عن تأثيراتها- ولكن هل يعنى ذلك أننا لا نستطيع تمثيل هذين المقدارين رياضياً بطريقة تقريبية، أو بشئ من عدم الدقة؟ وللإجابة عن هذا التساؤل حشد " هايزنبرج " كل إمكانياته الرياضية، حتى أثبت في النهاية أننا نستطيع ذلك، وأن ثمة معادلة رياضية تصف العلاقة بين عدم الدقة لكلا المقدارين، هي تلك المعروفة الآن بـ "مبدأ اللا يقين" ^(١٦٢) Uncertainty Principle ، وينص هذا المبدأ ببساطة على أن "حاصل ضرب مقدارى اللاتيقين لكل من موضع الإلكترون وكمية حركته (حيث تساوى كمية الحركة كتلة الإلكترون مضروبة في سرعته) لا يمكن أن يقل عن مقدار ثابت معين، هو ثابت بلانك^(١٦٣). فإذا رمزنا لمقدار اللا يقين بالرمز Δ فإن :

$$\Delta \times \Delta \geq \frac{h}{4\pi}$$

(حيث م موضع الإلكترون، و ك كمية حركته) .

ومعنى ذلك أننا لا نستطيع مطلقاً تحديد موضع الإلكترون وسرعته بدرجة كافية من الدقة في وقت واحد ، ذلك أن زيادة الدقة في تعيين

(١٦١) نفس المرجع، ص ٨٦.

(١٦٢) نفس المرجع، ص ١٠٢ .

(١٦٣) فليب فرانك : فلسفة العلم، ص ٢٦٢.

الموضع لابد وأن تكون على حساب إتخفاض الدقة في تعيين السرعة،
والعكس صحيح^(١٦٤).

فإذا ما تساءلنا عن طبيعة الإلكترون وفقا لهذا المبدأ، لجأنا رد
"هايزنبرج" بأن طبيعته لا تعينا، فقد يكون الإلكترون "موجة" أو "جسيماً"
تتبعاً لمصطلحاتنا الكلاسيكية، ولكنه في عالم الكم يفقد شئنيته المادية ليفقد
مجرد تفسير تجريدي لمجموعة من الإمكانيات أو النتائج المحتملة للقياسات.
بعبارة أخرى، لم يعد للإلكترون وجود موضوعي بالمعنى المادي للكلمة، بل
أصبح مجرد رمز رياضي يحمل صفة المكان الواقعي^(١٦٥).

ولقد أكد "بوهر" من جانب آخر هذا الغموض المتأصل في النظم
الكمائية حين صاغ "مبدأ التتام" complementarity principle الشهير،
ليعمم بذلك مبدأ اللاتيين لهايزنبرج. والنتيجة اللازمة عن هذا المبدأ هي أن
الصورتين الموجية والجسيمية للإلكترون، ما هما إلا وجهان متتامان لنفس
الواقع، بحيث يلغى ظهور أيا منهما الآخر. فإذا كانت إحدى التجارب تُفصح
عن الطبيعة الموجية للإلكترون، بينما تُفصح الأخرى عن طبيعته الجسيمية،
فلا غشاضة في ذلك، ولكن الوجهان لا يمكن أن يجتمعا في آن واحد معا.
بل يرجع الأمر إلى المجرب ليقرر الوجه الذي يكشفه عندما يختار تجربته.
كذلك الحال لموقع الإلكترون وكمية حركته، فهما أيضاً صفتان متتامتان،
وعلى المجرب أن يقرر أي خصيصة سيرصد^(١٦٦).

(١٦٤) نفس المرجع، ص ٢٦٦-٢٦٧.

(١٦٥) بول دافيز: مقدمة الموجة الإنجليزية لكتاب هايزنبرج: القيراء والفلسفة، ص ١٤ من
الموجة العربية.

(١٦٦) نفس المرجع، ص ١٥.

تخقيب:

١١٦- وكأنا في النهاية نعود إلى السؤال الأساسي الذي طرحناه في بداية هذا الفصل دون إجابة قاطعة. كنا نتساءل عن مدى تحقيق الاتصال في الطبيعة. وفي محاولة للوقوف على حقيقة الأمر، لجأنا إلى الفيزياء، فصاحبنا عبر دروب ثلاثة طويلة ، لكل منها تلاله وودياته. يُعبر الدرب الأول منها عن عالم المقاييس الإنسانية المباشرة ، المحدود بأبعاد الأرض والكثيرا . وقد سجلنا خلال هذا الدرب بعضا من مواقف العلماء الثابتة إيان القرن التاسع عشر ، بشأن تحقق الاتصال. وذلك في مجالات الحرارة والضوء والكهرباء. ففي الترموديناميكاء، أدى إكتشاف " كلازيوس " و"كارنو" للقانون الثاني- القائل بإمكانية إنتقال الحرارة من مكان بارد إلى مكان حار (ف٨٢) - إلى ترسيخ المبدأ المعروف بـ " لا إرتدادية العمليات الحرارية " (ف٨٣)، ومن ثم البحث في البنية التوبولوجية لمتصل الزمان، بما يدعم القول بإتجاه خطى وحيد لهذا المتصل- نحو المستقبل. حيث يؤدي تصاعد " الأنثروپيا" الكونية نحو أقصى مقدار لها، إلى ما يُسمى بحالة " الاتزان " أو " الموت " الحرارى، فكان ذلك أول تمهيد فيزيائى للقول بمفهوم نسبى للزمان، يتجاوز الفرض النيوتونى القائل بإتسياب الزمان على نحو مُطلق ومستقل دون بداية أو نهاية (ف٨٤).

أما في مجال الضوء، فقد جاءت أبحاث " يونج " و" فريزيل " و"لوكوه"، تأكيدا لفرض إتصال الظواهر الضوئية في الزمان وعبر المكان (ف٨٨)، وإن كان هذا التأكيد يحمل في طياته تصورا كيفيا لطبيعة المتصل الضوئى، يخالف التصور الجسيمى " لنيوتن " (ف٨٦)، ويدعم التصور الموجى لـ"هاينجز " (ف٨٧)، ومن ورائه فرض الأثير الغامض.

من جهة ثالثة، كان إقترح "فرايداي" لـ "خطوط القوة" الرابطة بين الأجسام المادية المتجاذبة (ف ٨٩)، نصرا جديدا لفرض الاتصال، لا سيما بعد أن ترجم "ماكسويل" هذا الاقتراح إلى عدد من المعدلات التفاضلية الجزئية، تصف سلوك القوى الكهربائية والمغناطيسية الناجمة عن المشحنات و التيارات الموجودة في النظم الفيزيائية المختلفة (ف ٩٠)، مما كان إيذانا بنشأة مفهوم "المجال"، الذى أصبح جزءا أساسيا من أجزاء الواقع الموضوعى للفيزياء، ينازع الجسيمات فى أولوية الوجود، ويلغى تماما فكرة "التأثير عن بُعد" (ف ٩١) .

ثم إنتقلنا فى مرحلة تالية إلى درب الكون الاكبر (الماكروكوزم)، حيث النجوم والكواكب وحركاتها التجاذبية المختلفة، فإذا بـ " آينشتاين " ينثر الحروف والأرقام ويُمِد ترتيبيها، ليُخرج لنا نظريته - الخاصة والعامة- فى النسبية، بما تحويه من تصورات ومفاهيم جديدة، تخرج عن مألوف الميكانيكا التقليدية و الكلاسيكية، بداية من إلغاء فكرة الأثير، والقول بثبات سرعة الضوء، ونسبية الحركات والكتل والأطوال (ف ٩٧، ٩٨)، ومرورا بتجاوز مفهوم التزامن (ف ٩٩)، ثم وصف البنية التوبولوجية -المتناهية واللا محدودة- للمتصل الكونى (ف ١٠٤) . ورغم ما شاهدنا من غرابيات فى هذا الدرب، إلا أننا لم نضل الطريق، فما زال للسببية مكان، وما زال الزمان والمكان متصلين ، وإن كانا قد اندمجا فى متصل واحد عرفناه بالزمكان .

لم تخرج النسبية إذن عن التوجه العام للفيزياء، قديمها وحديثها، بشأن فكرة الاتصال، بل لقد جاءت تدعينا لهذه الفكرة، وترسيخا لما يرتبط بها من مبادئ وفروض علمية وفلسفية، لعل أهمها مبدأ السببية والطابع الموضوعى

المطلق للمتصل الكونى، القائم بذاته خلف نسبية الحركات فى الزمان والمكان.

ثم خطونا أخيرا إلى درب الكم المثير، وتتبعنا مراحل البحث الفيزيائى فى ميدان كل من الإشعاع والذرة، منذ أن قام " بلانك " بـ تكميت طاقة الاشعاع (ف١٠٨)، وحتى رفع "بهر" و"هايزنبرج" راية الانفصال، كراية رسمية لعالم الكون الأصفر (الميكروكوزوم): فلا متسلسلات متصلة للزمان أو المكان، ولا دقة فى القياس، لا موضوعية للحقائق ، ومن ثم فلا حتمية !. حقا لقد دافع مبدأ الاتصال عن نفسه من خلال الميكانيكا الموجية لـ " دى بروى " (ف١١١)، والمعادلة الموجية لـ شرودنجر (ف١١٢)، لكن الأمر إنتهى على أرض "كوبنهاجن" ، بما يشبه الهدنة أوالمصالحة بين مقولتى الانفصال والاتصال وذلك بصياغة "بهر" و" هايزنبرج" لمبدأى " التتام " و" اللابيقين " (ف١١٥).

وهكذا خرجنا فى النهاية من حيث بدأنا، لنعيد التساؤل: أين الحقيقة ؟ . أليست الذرة بعالمها الصغير هى إحدى مكونات عالمنا الكبير الذى خبرناه متصلا؟. بل أقللا يلعب الاتصال دوراً لا يمكن إنكاره داخل هذا الكون الصغير المدعو بالذرة ؟؟ .

الحق أننا لا نستطيع المصادرة على تفسير كوبنهاجن كتفسير نهائى. فمازلنا نجو على طريق العلم، حتى وإن إخترقنا حدود الأرض والذرة. ولاينبغى أن تدفعنا كثرة الأنواع إلى مسابرة الركب. فللتفسير الإحصائى من المعارضين من لا تنقصهم الحجة. ويكفى أن نشير إلى مقولة "اينشتين" التى ردها تلو المرة فى مواجهة " بهر " :

" إن الإله لا يلعب بالنرد " ^(١٦٧) " God does not play dice " .
وقد لا يكفي أن نستمع إلى زِد " بوهر " الذي قال: " ولكن من البديهي
أنه ليس من واجبنا أن تأمر الإله كيف يجب عليه أن يحكم العالم " ^(١٦٨) .
لقد تحول العلماء إلى فلاسفة، أو هكذا تُعلن أقوالهم ، ويات من
الضروري تنخل الفلسفة، بماضيها وحاضرها، بوضعيتها وميتافيزيقاها ،
ألبيست المشكلة في جوهرها مشكلة فلسفية ؟. فلنتابع إذن الطريق تحت
لواء الفلسفة، لعلنا نصل أخيراً إلى إجابة حاسمة عن سؤالنا الحائر .

(167) Morris.. OP.CIT, P73.

(١٦٨) هايزنبرج: الجزء والكل ، ص ١٠٥ (وقد وردت العبارة على لسان "بوهر" أثناء حوار
بينه وبين "اينشتين" تم عام ١٩٢٧ على هامش مؤتمر " سولفاي " Solvay - "بروكسل").

العلم والدين

إتصال التفسير

تمهيد:

١١٧- "من أنت أيتها الطبيعة. فمئذ خمسين سنة، وأنا أبحث عنك، ولم أعثر عليك بعد! هل أنت فعالة على الدوام؟ هل أنت سلبية؟ هل قامت عناصرك بتنظيم نفسها؟ ... هل لك عقل" يوجه أفعالك؟".

هكذا تسأل "فولتير" Voltaire (١٦٩٤-١٧٧٨) عام ١٧٦٤ فى قاموسه الفلسفى^(١)، مثيراً عن حالة الاضطراب الفكرى التى أصابت الإنسان إزاء الطبيعة وعملياتها. ورغم ما شهده العلم - عبر سنواتٍ طوال - من تطورات جريئة، توجت بظهور نظريتى الكم والنسبية، إلا أن هذا التساؤل ما زال قائماً. حقاً لقد إستجابت الطبيعة لنداء العقل، فانظم عالمها وفقاً لقوانين ومعادلات رياضية، ولكن مهلاً: ألم تنته الرياضيات فى أواخر القرن التاسع عشر إلى قرار إستمولوجى يقضى بوقف الزج بمفاهيمها إلى عالم الحواس، والإرتقاء بها إلى عالم التفكير العقلى المجرد دون أدنى إهتمام بما تسجله الخبرة الحسية؟. بل ألم تصل فيزياء القرن العشرين إلى قناعة بالإجراء القضائى الشائع: "يبقى الوضع على ما هو عليه"، فتركنا نتنازع حول مصطلحات ونقاشاتها، كالإتصال والإفصال، والتمتية واللاحتمية، والآلية والغائية؟.

يبدو إذن أننا لم نتقدم كثيراً نحو فهم موحدٍ للطبيعة. تلك الأمنية التى طالما راودت "آينشتاين"، وداعبت خيال "هايزنبرج"، كلٌ بمنظوره العلمى ورواه الفلسفية. ومادام الأمر كذلك، فقد أصبح من الضرورى إستدعاء

(١) فرانكلين - ل - باومر: الفكر الأوربي الحديث، الاتصال والتغير فى الأفكار، ج٢، القرن الثامن عشر، (ترجمة د. أحمد حدى محمود، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٨)، ص ٧٣.

الفلسفة، لتدلى بدلوها فى مشكلات طالما أثّرت تحت لواءها. لكنها الآن -أى الفلسفة- تحمل أثقالاً علمية هائلة، عليها تحليلها وإعادة بناءها، أو بالأحرى عليها توظيفها فلسفياً.

نخصص هذا الفصل لواحدة من تلك المشكلات، بل لعلها أكثرها إثارة وصعوبة، ألا وهى مشكلة السببية. ولا نهدف من ذلك إلى تقديم حلٍ لها، فهى كما خبرناها من المشكلات المتلونة دائماً بألوان باحثيها، بحيث يصعب إنتظار حلٍ لها يوصى بنفسه فى كل الأزمنة وفى كل الحضارات^(٢). وإنما نهدف إلى التحقق من فرض أساسى من فروض هذا البحث، نزع من خلاله وجود علاقة وثيقة بين مقولتى الاتصال والسببية. فحيثما ثبت تحقق الاتصال بين حوادث الطبيعة، ثبتت بالتالى العلاقة السببية بين تلك الحوادث. والعكس صحيح، بمعنى أن غياب الاتصال، يعنى زوال التأثيرات الرابطة بين الأسباب ونتائجها.

يرتبط بهذا الفرض عددٌ من التساؤلات نحاول الإجابة عنها، لعل أهمها ما يلى:

أ- هل تتطوى العلاقة السببية على ترابط ضرورى بين الأسباب ونتائجها، بحيث يودى ظهور السبب إلى حتمية ظهور النتيجة عبر سلسلة من الحوادث المتصلة زمكانياً؟.

ب- وإذا كانت السببية تستلزم إتصال الحوادث، فهل يعنى ذلك أنها مقولة عقلية تسعى إلى التحقق التجريبي، أم أنها مقولة تجريبية تستند إلى إدراكات الحواس؟.

(2) Plank, M: The philosophy of physics, Translated by W. H. Johnston, George Allen & Unwin Ltd, London, 1936, P-43.

ج- ماذا عن القانون السببي، هل يمثل الصورة الوحيدة للقانون العلمي، أم أنه لا يعدو أن يكون شكلاً من أشكاله؟ وهل إستطاعت القوانين الإحصائية تحييته عن عرش العلم؟

وقبل أن نبحث عن إجابة لتلك التساؤلات، ينبغي أن نُبرر إستخدامنا لمصطلح "السببية"، وليس "العلية" كترجمة لكلمة Causality . فالسبب في اللغة هو "الحبل" ، أو "ما يتوصل به إلى غيره عبر وسيط أو وسائط"^(٢). وهذا هو المعنى المفهوم من آي الذكر الحكيم: ﴿إِذْ تَرَوُا الَّذِينَ يُخْمِلُونَ فِيهِمُ أَنْبِيَاءَ اللَّهِ وَخَوُّهُمُ بِهِمْ لَا طَاعَ لَهُمْ ذَلِكَ بِأَنَّهُمْ كَانُوا كَافِرِينَ﴾ (البقرة ١٦٦) & ﴿مَنْ كَانَ يَظُنْ أَنَّ لِنَاسٍ أَلْفَ فِي الدُّنْيَا وَالْآخِرَةِ فَلْيَمْدُدْ بِسَبَبٍ إِلَى السَّمَاءِ ثُمَّ لِيَقْطَعْ فَلْيَنْظُرْ هَلْ يُذْهِبَ كُيْدَهُ مَا يَكِيدُ﴾ (الحجر ١٥).

أما "العلة" فهي "ما يترتب عليه أمر" آخر بالإستقلال، أو دون وسيط بينهما^(٣). وعلى هذا، وما دما نرفض فيزيائياً إمكانية التأثير عن بُعد، ونزعم إتصال الحوادث والتأثيرات عبر وسائط متفسرة ، فمن الأجدر إذن القول بالسببية وليس بالعلية.

أولاً: العلاقة السببية بين الإمكان والضرورة.

أ- تحليل أرسطو للسببية:

١١٨- جرت العادة على أن يبدأ أي بحث علمي في السببية بالإشارة إلى "أرسطو". ليس لأنه أول من قال بها، وإنما لأنه أول من قام بتوظيفها في

(٢) المعجم الوجيز، مادة "سبب"، ص ٢٩٩ & وأيضاً:

جميل صليبا : المعجم الفلسفي، (دار الكتاب اللبناني، بيروت، ١٩٧٣)، المجلد الأول، مادة "سبب"، ص ٦٤٨.

(٤) المعجم الوجيز، مادة "عل"، ص ٤٣١-٣٧.

خدمة المعرفة العلمية. وذلك حين جعل مهمة العالم هي البحث عن أسباب الظواهر، وفهم ما يعترىها من تغييرات^(٥). هذا فضلاً عن أن قسمته الرباعية للأسباب، أو للإجابات المفترضة إذا ما طُرِح التساؤل: "لماذا" Why ؟ أو "لأى سبب" Because of what ؟ تمثل نموذجاً للتفسير الكامل لأية ظاهرة جزئية تواجه للعالم أو الفيلسوف، وهو ما حدا بالبعض إلى تسمية المنهج الأرسطي بمذهب الأسباب الأربعة^(٦).

فالسبب عند "أرسطو"، إما أن يكون "مادة" أو "صورة" أو "حركة" أو "غاية". كان نقول مثلاً أن للتمثال سبباً مادياً Material case هو مادته التي صنع منها، وسبباً صورياً Formal case هو فكرته الموجودة في ذهن المثال، وسبباً محركاً أو فاعلاً Efficient case هو المثال الصانع له، وأخيراً سبباً غائياً Final case هو الهدف الذي من أجله أخرج التمثال من القوة إلى الفعل^(٧).

ورغم أن هذه الأسباب تعمل مجتمعة في تفسير الشيء أو الظاهرة، إلا أن العلم بها درجات، وأسمى درجات العلم بالسبب يُمثل أسمى مراتب المعرفة^(٨). ولما كانت الميتافيزيقا أسمى العلوم، حيث يصل صاحبها إلى العلم

(٥) د. محمد محمد قاسم: بروتاندر رسل، الإسطواء ومصادر البحث العلمي، (دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٩٣)، ص ١٥٢.

(6) See Ackrill, J. L. : Aristotle the philosopher, Oxford University Press, London, 1981, P-36 & Also Carr, B.: Metaphysics, An introduction, Macmillan education Ltd., London, 1987, P-74.

(7) See Carr, OP-Cit, PP. 74-75.

(٨) د. مصطفى النشار: نظرية المعرفة الأرسطية، دراسة في منطق المعرفة العلمية عند أرسطو (دار المعارف، القاهرة، ١٩٨٦)، ص ٢٤٧.

بالمحرك الأول اللامتحرك، ومن ثم معرفة "الغاية" التى تجرى إليها عمليات الطبيعة، فالسببية إذن مبحث ميتافيزيقى يصلح معياراً للتمييز بين مراتب المعرفة المختلفة^(٩).

١١٩- فإذا تساءلنا: هل تتطوى العلاقة السببية على ترابط ضرورى بين الأسباب ونتائجها؟ لجاءنا جواب "أرسطو" بالإيجاب. يتضح ذلك من خلال مبحثين هامين فى مذهبه. أولهما المنطق، لاسيما نظريته فى القياس، والثانى بحثه فى الطبيعة. فلو نظرنا إلى منطق "أرسطو"، لوجدنا أنه بدوره مبحث ميتافيزيقى، ينقسم الوجود من خلاله إلى عشر حلقات منطقية كبرى هى "المقولات"، كالجوهر والكم والكيف ... إلخ. هذه المقولات تحصر كل ما يمتثل به العالم من موجودات عن طريق معانيها أو صورها. (فالجوهر يحصر كل الأنواع أو الصفات النوعية، والكم كل الأبعاد والمقادير، والكيف كل الصفات ... وهكذا). وبهذا الحصر يستطيع الذهن أن يتبين سعة كل حلقة أو مقولة، ومن ثم إمكان إدراجها بعضها تحت بعض، أو تداخل بعضها فى بعض، ليصبح الحكم فى النهاية مُعبراً عن إدراج الموضوع فى محمول، أو تداخل حلقة ضيقة هى الموضوع فى أخرى أوسع هى المحمول، ويحدث بذلك إرجاعٌ لكثرة الموجودات إلى وحدات أعلى فأعلى حتى الانتهاء إلى فكرة الوجود وهى أعم الأفكار^(١٠).

(٩) أنظر أرسطو: دعوة للفلسفة، "بروتريتيقوس" (ترجمة وتقديم د. عبدالغفار مكاوى، الهيئة

المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٧)، ب ٣٢، ٣٣، ص ٤١-٤٢.

(١٠) د. محمد ثابت الهندى: أصول المنطق الرياضى (دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية،

١٩٨٧)، ص ٦٩-٧٠.

ويبرز "أرسطو" فكرة الضرورة في تعريفه للقياس Syllogism ، حيث يقول : "هو قول" متى قُررت فيه أشياء معينة نتج عنها بالضرورة شئ آخر مختلف عما سبق تقريره"^(١١). ومن الواضح أن الضرورة التي يعيها "أرسطو" هنا إنما هي ضرورة منطقية، تُعبر عن رؤيته للعالم ككل متماسق ومعقول يتسلسل من الوحدة إلى الكثرة، مما يذكرنا بالجدل النازل عند "أفلاطون"، وإن كان القياس الإرسطي مختلفاً عنه في نقطة جوهرية، ألا وهي "الحد الأوسط" الذي يسمح بتداخل حلقة في أخرى ، ليعطى "سبباً" لإنتاج نتيجة القياس^(١٢) .

ورغم منطقية الضرورة عند "أرسطو"، إلا أن ذلك لا يعنى آليتها، بل يعنى بالأحرى غائيتها، وهو ما يبدو جلياً في دراسته للطبيعة التي تُعد تطبيقاً دقيقاً لنظريته المنطقية في مراتب الموجودات، بدءاً من المادة الأولى التي لاصورة لها، وحتى المحرك الأول اللامتحرك، وهو صورة خالصة بلا مادة. فإذا كانت الطبيعة منتظمة، وحركاتها متصلة في الزمان والمكان المتصلين (ف٢٦)، فمن الطبيعي أن يكون هناك ترابط ضروري بين الأسباب ونتائجها لا على نحو آلي، ندرك فقط من خلاله كيفية حدوث الشئ، وإنما على نحو غائي يحملنا إلى الهدف الذي يسعى إليه الشئ. يقول "أرسطو" : "لما كان النظام يسود الطبيعة كلها، فإنها لاتفعل شيئاً بالصدفة، وإنما توجه كل شئ

(١١) د. علي عبدالمعطي محمد & د. ماهر عبدالقادر محمد : المنطق الصوري (دارالمعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٨٢) ص ٢٩٤ .

(١٢) د. محمد ثابت القندي : المرجع السابق، ص ٧٠ .

" من المعروف أن القياس ضرب من الاستدلال الإستباطي، يحوى على مقدمتين ونتيجة، ومهمة هذا النوع عند "أرسطو" لزوم النتيجة عن المقدمتين عن طريق الحد الأوسط الذي تشترك فيه مقدمتا القياس ، ولا يظهر في النتيجة . راجع : المعجم الفلسفي ، مادة "قياس" ، ص ١٤٩ & مادة "حد" ، ص ٦٩ .

نحو هدفٍ محدد. وهي حين تستبعد الصدفة (والإتفاق) تحرص على تحقيق الهدف (أو الغاية) بقدر يفوق كل فنٍ بشري^(١٣).

هكذا يولى "أرسطو" عناية خاصة لفكرة الغائية، فيجعل منها طابعاً عاماً لمذهبه. ولقد هوجمت فلسفته، ولا تزال تُهاجم، بسبب هذه الفكرة، لاسيما من قِبل العلم الحديث، وبعض مناصري النظرية المادية في عالمنا المعاصر، والحجة في ذلك أن القول بالغائية يعوق البحث العلمي من جهتين: فهو أولاً يُخل بالترتيب الزمني لعلاقة الأسباب بنتائجها، فإذا سؤلنا مثلاً: لماذا يمشى فلان؟ قلنا: لكي يكون صحيحاً. فكيف يمكن إذن للصحة، وهي سبب غائي، أن تأتي لاحقة على المشي الذي يُمثل النتيجة؟^(١٤). هذا من جهة ومن جهة أخرى لسنا بحاجة في العلم إلى معرفة الغاية التي تهدف إليها عمليات الطبيعة، وإنما يكفينا دراسة الأسباب الفاعلة أو المحركة وصياغتها في صورة رياضية تمثل قانوناً عاماً يحتمل التعديل^(١٥). ففي الأبحاث الطبية مثلاً لايهمنا أن نعرف أن غاية الأذن هي سماع الأصوات، وإنما يهمنا معرفة الكيفية التي ينتقل بها الصوت من مصدره إلى الأذن، وكيفية تأثيره عليها لِيُسبب الإحساس بالسمع. وهكذا يمكننا صياغة قانون عام يصف الظواهر السمعية.

ومع ذلك نستطيع الدفاع عن "أرسطو" بعين آرائه، فنقول أن كوناً تحكمه ضرورة غائية أكثر قبولاً لدى العقل من كونٍ تحكمه ضرورة عمياء

(١٣) أرسطو: دعوة للفلسفة، ب ٢٢، ص ٣٨.

(14) Carr, OP-Cit, P-75.

(١٥) أنظر: د. زكي نجيب محمود: نحو فلسفة علمية (مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة،

١٩٦٨)، ص ٢٨١-٨٢.

لاتفسير لها^(١٦). هذا فضلاً عن أن القول بالفاتية لا يخدم فقط مطالب العقل المجرد، وإنما يُفسر وقائع تجريبية تتركها الحواس، لعل أهمها إنتظام الطبيعة وتوازنها ووفرة أنساقها الجمالية. وليس غريباً أن يعود العلم المعاصر إلى القول بالفاتية، فقط أدرك أصحابه - كما أدرك "أرسطو" - أن بالكون عنصر آخر لامادى، هو المبدأ الأول لحركته ونظامه وتغييره، وبه نستطيع أن نمنح مفهوم الضرورة السببية تفسيراً ملائماً.

ب- السببية فى العصر الحديث :

١٢٠- فى العصر الحديث أدى تطور الفيزياء الجاليلية والنوتونية إلى نشوء فهم للسببية كان فى جوهره مادياً آلياً. وقد تجلى هذا الفهم لدى معظم فلاسفة الحقبة الحديثة، الذين إتفقوا على القول بالسببية كمبدأ كلى طابعه الضرورة، وإن كانت تفسيراتهم لمعنى الضرورة أو مصدرها قد تباينت وفقاً لتباين نزعاتهم الفلسفية.

وأول ما يلفت النظر بشأن معالجة الفلاسفة المحدثين لمقولة السببية، أنهم جميعاً حاولوا الإجابة عن السؤال الإستمولوجى لديكارت : كيف أعرف؟. فلقد جعل "ديكارت" من هذا السؤال أساساً لأية معرفة تُريد أن تكون واضحة ومتميزة. ورغم أنه كان يعنى بذلك الكشف عن المصدر الحقيقى لأفكارنا، أو لتصوراتنا المألوفة كالمكان والزمان والسببية ، إلا أن سؤاله ينطوى فى الحقيقة على سؤالين منفصلين: سؤال عن التصور، أو المعنى العقلى له، وآخر عن تطبيق التصور، أو التعريف الإجرائى له فى عالم الواقع. وبينما إهتم العقلانيون بالإجابة عن السؤال الأول، نجد التجريبيين وقد إبتسخلوا بالإجابة

(١٦) د. محمود فهمى زيدان : مناهج البحث الفلسفى، ص ٤٤.

عن الثاني. ولعل هذا هو المنشأ لما ندعوه بمشكلات الزمان والمكان والسببية^(١٧). وسنعرض لبعض النماذج التي توضح ذلك.

١- فرنسيس بيكون F. Bacon (١٥٦١-١٦٢٦):

١٦١- لن نقف طويلاً عند "بيكون"، ذلك أن قوله بالسببية وضرورتها لا يستند إلى مناقشة أو برهان^(١٨). وإنما نشير إليه بإيجاز كرائد من رواد النزعة التجريبية في العصر الحديث. فلقد حاول إحياء العلوم، أو بالأحرى نقض ما علق بها من غبار الميتافيزيقا اليونانية، فربط التسبب Causation بالإستقراء Induction، على ألا يكون السبب سوى ما دعونه من قبل بالصورة form، وهو إذ يستبعد المادة والحركة والغاية من قائمة الأسباب الأرضية، يفهم الصورة بمعنى مختلف عما قصد إليه "أرسطو". فالصورة عند "أرسطو" تُعبّر عن "ماهية الموجود" المتحققة بخروجه من القوة إلى الفعل. أما عند "بيكون" فهي "ماهية الكيفية". حيث كان يعتقد أن بالكون عدد من الطبائع الخفية، تجتمع وتفترق بنسب متفاوتة، فتتكون الأشياء الجزئية. ولا سبيل إلى فهم الطبيعة وحتميتها إلا بإستكشاف صور تلك الطبائع أو الكيفيات، لا عن طريق العقل، وإنما بمواجهة الظواهر تجريبياً^(١٩). وكما نلاحظ فإن

(17) Lucas: Space, Time and causality, OP-Cit PP-27-28.

(18) Kneale, W. : Probability and induction , Oxford University Press, London, 1949, P-110.

نقلًا عن د. محمود فهمي زيدان : الإستقراء والمنهج العلمي، ص ٦٦.

(١٩) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة، ص ٤٨-٤٩. & وأيضاً: د. محمود فهمي

زيدان : المرجع السابق، ص ٦٧.

إعتقاد "يكون" بالطبائع الخفية لا يخلو من نزعة ميتافيزيقية تناقض صيحات
الرفض التي أطلقها ضد مذهب "أرسطو".

٢- جون لوك J. Locke (١٦٣٢-١٧٠٤):

١٢٢- كان "لوك" أعمق من "يكون" في توضيح المذهب الحسي، والدفع به
ضد مذهب "ديكارت" القائل بإحتواء العقل على أفكار فطرية تتسم باليقين.
فالخبرة أو التجربة عند "لوك" هي المصدر الوحيد لأفكارنا. ولدينا نوعين من
التجارب: "الإحساس" Sensation الذي يعطينا أفكاراً بسيطة عن الصفات
الحسية مثل الروائح والطعم والألوان. والاستبطان Introspection وهو
إدراك العمليات العقلية فينا. ويعطينا أفكاراً بسيطة مثل أفكارنا عن الإدراك
والشك والمعرفة والإرادة^(٢٠).

ومن هذه الأفكار البسيطة يتولى العقل صياغة الأفكار المركبة، وهي
تلك التي لا يقبلها شيء يمكننا معاناته بالإحساس أو بالاستبطان، وإنما هي من
صنع العقل لأنه هو الذي يقوم بتركيبها مما سبق إكتسابه من أفكار^(٢١).
وللأفكار المركبة أقسامٌ ثلاثة ، وهي^(٢٢):-

أ- الأعراض Accidents: وهي أفكار تشير إلى صفات لا توجد بذاتها، بل
تقوم بغيرها، مثل فكرة المثلث والجمال والصدقة.

ب- الجواهر Substances : وهي الأفكار الدالة على أشياء تقوم بذاتها،
ويمكن أن تقوم عليها الأعراض ، ومنها الجواهر الجزئية بشقيها المادي
والروحي.

(٢٠) إير : المسائل الرئيسية في الفلسفة ، ص ٧٩.

(٢١) د. علي عبدالمعطي محمد: تيارات للفلسفة الحديثة ، ص ٩٧

(٢٢) نفس المرجع ، ص ص ٩٧-٩٨

ج- العلاقات Relations : وهي أفكار تنشأ من التآليف بين أفكار متميزة،
كمعنى البنية الذى يجمع بين فكرتى الأب والإبن ، وأفكار الزمان
والمكان والسببية.

السببية إذن فكرة مركبة تجمع بين معنى شئ مُوجد، ومعنى شئ مُوجد
منه. والأصل فيها أن تعاقب الظواهر يخلق بينها علاقات فى الذهن، تحملنا
على الاعتقاد بأنه إذا قامت ظواهر معينة، تلتها ظواهر أخرى، لكن هذا
الاعتقاد ذاتى بحت وليس للسببية من معنى سوى هذا التوقع الذاتى^(٢٣) .

١٢٣- على أن ذلك لايعنى إنتفاء الضرورة عن علاقة الأسباب ونتائجها،
حيث يربط "لوك" بين مفهومى "السبب" و "المقدرة" Power^(٢٤) . فالمقدرة هى
تلك القوة الموجودة فى كل جوهر مادى على أن يقوم بإحداث أى تغيير فى
الصفات الأولية لشئ آخر، أو إستقبال مثل هذا التغيير^(٢٥) . فإذا قلنا مثلاً أن
للنار قدرة صهر الذهب، فإنما نعنى بذلك أن وضع قطعة من الذهب فى النار
ينتج عنه بالضرورة صهرها. فالمقدرة إذن هى السبب فى فعل النار على
الذهب وإستقبال الذهب لهذا الفعل^(٢٦) .

وليس المقدرة فكرة مركبة كالسببية، وإنما هى فكرة بسيطة تنتمى إلى
البنية الداخلية للجواهر المادية الجزئية (مثل الذهب والنار)، وتناظر فكرة
الإرادة فى الجواهر الروحية. تلك التى نمسحها من فعل إرادتنا على عقولنا
وأجسامنا. فلا معنى لفكرة الإرادة دون الفعل، ولا معنى لفكرة المقدرة أو

(٢٣) يوسف كرم: تاريخ الفلسفة الحديثة، ص ١٤٦-٤٧.

(24) Carr, OP-Cit , P-77.

(٢٥) د. على عبدالمعطي محمد: المرجع السابق، ص ١١٢.

(26) OP- Cit, P-76.

السبب دون نتائجها اللازمة عنها بالضرورة. وهكذا فلو علمنا الخصائص الذاتية لأى جوهر - أو ماددعه الآن بالبنية المجهرية Microstructure - أمكننا إستخلاص نتائجها بالإستدلال العقلى، وهذا هو المصدر الحقيقى لفكرة الضرورة السببية^(٢٧).

هكذا يتراوح فهم "لوك" للسببية بين تسجيلات الحواس وإبتكارات العقل، فيجعل من "السبب" أو "المقدرة" فكرة بسيطة مكتسبة بالتجربة. أما العلاقة ذاتها بين الأسباب ونتائجها فيلقى بها فى أحضان العقل ليقوم بتركيبها وتبرير ما تتطلبه عليه من ضرورة. ولكن أين الاتصال؟.

يطرح "لوك" هذا التساؤل بصورة مختلفة فيقول: "كيف يتسنى للأجسام أن تنتج الأفكار فينا؟". ثم يجيب: "بالدفع Impulse ، ولائشى غيره. فمن المستحيل أن نتصور جسم يمكنه التأثير على مالا يلمسه ... وعلى هذا ، فمن الضروري أن تكون هناك حركة ما متصلة من قيل أعصابنا، أو أرواحنا الحيوانية ... إلى المخ أو مركز الإحساس، لتنتج فى عقولنا ما نمتلكه من أفكار"^(٢٨).

هذا إقرار بالاتصال. لكن "لوك" عاد بعد قراءة كتاب "المبادئ" لنيوتن ، لاسيما نظريته فى الجاذبية، ليقر بإمكانية التأثير عن بُعد. وقد أعلن ذلك فى الطبعة الرابعة لكتابه "مقال فى الفهم الإتمائى" دون أن يقدم تفسيراً لكيفية هذا التأثير^(٢٩). وهذا أين دل على شئ، فإتما يدل على تأرجحه بين ما يوصى به

(27) Ibid, P-77.

(28) Quoted by Lucas : Space, Time and causality, P-41.

(29) Ibid.

العقل، وما تكشف عنه التجربة. أو كما ذكرنا (ف١٢٠) بين تصور السببية -
وليد الاتصال - وبين تطبيق التصور في عالم التجربة.

٣- **ديفيد هيوم** D. Hume (١٧١١-١٧٧٦):

١٢٤- دفع "هيوم" بالمذهب الحسى إلى قمته، فوضع تفسيراً للسببية يخلو
تماماً من أية إضافة عقلية، ويعول كثيراً على الذات الإنسانية وفقاً لقوانين
تداعى المعانى* .

ويمكن أن نجزئ تحليل "هيوم" للعلاقة السببية إلى جزئين : جزء سلبي،
يتمثل في إنتقاده للتفسيرات الشائعة للسببية، لاسيما تلك التى تجعل منها مبدأ
فطرياً يتسم بالضرورة. وجزء إيجابى يتمثل فى رؤيته الخاصة لمعنى العلاقة
السببية ومصدر ما تتطوى عليه من ضرورة.

نبدأ أولاً بالجزء السلبي الذى يُعبر بوضوح عن وجهة نظره التجريبية.
لقد اعتقد "هيوم" أن كل تصوراتنا العقلية ما هى إلا "إنتطاعات حسية"
Sense impressions و"أفكار". الإنتطاعات الحسية هى ما ندرك أننا
حاصلون عليها بعد مواجهتنا لما نسميه بالعالم الخارجى، وذلك عن طريق

* قوانين تداعى المعانى Association : قوانين سيكولوجية ، يعمل العقل بمقتضاها دون تدخل
منه. إذ تقتصر وظيفته على مجرد قبول الإنتطاعات الحسية فتحصل منها المعانى حصولاً آلياً
بحسب هذه القوانين. وقد أحصاها "أرسطو" فى قائمة تضم ثلاثة قوانين هى "التماثل"
Similarity ، و"التباين" Contrast ، و "التجاور" Contiguity . فسم جاء "هيوم"
ففتح هذه القائمة لتضم قوانين "التشابه" Resemblance و "التجاور فى الزمان والمكان" ، و
"السببية". وبذلك رد "هيوم" السببية إلى مجرد فعل من أفعال النفس الإنسانية مُفسرغ تماماً من أى
مضمون عقلى.

See : Runes : dict. of philo. , item " Association, Laws of." , PP.
40-41.

الحواس. أما الأفكار فهي ما ندرك أنه يستقر في عقولنا من تلك الإطباعات بعد غيبة ذلك المصدر الخارجي. وهكذا فأي تصور لا يصدر عن إطباع أو فكرة هو تصور لأساس له من الصحة ولا يوثق به^(٣٠). فماذا إذن عن السببية؟

يجيب "هيوم" عن هذا التساؤل من خلال ثلاث خواص رأى أنها تميز العلاقة السببية، أو بالأحرى لامتيزها، وهي^(٣١):

أ- أنها ليست مدركة بالحواس Not discernable by the sense .

ب- أنها ليست علاقة جزئية Not particular .

ج- أنها ليست قضية تحليلية Not analytic .

ولنعرض بإيجاز لكل خاصية منها.

يخبرنا "هيوم" أولاً أن هناك إختلافات منطقية هامة بين قولنا "أ" تسبب "ب"، وبين قولنا: "أ" أكبر من "ب"، أو "أ" على اليمين من "ب"، أو "أ" لها نفس شكل "ب". فإذا قرر شخص ما أن "أ" لها نفس شكل "ب"، فإن يمكنني أن أختلف معه دون أن أظن إما في صدقه أو في قدرته كملاحظ. أما إذا قرر أن "أ" تسبب "ب"، فيمقدوري حينئذ أن أختلف معه دون أن أتهمه بالكذب أو بعدم القدرة على الملاحظة، إذ يمكنني أن أضع المسألة موضع الإختبار بتكرار التجربة، وأن أنظر فيما لو كان باستطاعتي أن أحصل على "أ" دون أن تتبعها "ب". فإذا استطعت ذلك، أمكنني أن أقرر دون غشاضة عكس ما قرره هذا الشخص..

(٣٠) د. محمود فهمي زيدان: الإستقراء والمنهج العلمي، ص ١٠٣-١٠٤.

(31) Lucas, OP-Cit, P. 29.

وهكذا قد تكون لديك بيئة تجريبية تؤكد صدق زعمك بالتسبيب، ولكنك لا تستطيع تجاوز تلك البيئة لتتصر داتماً على هذا الزعم، لأن المستقبل قد يأتي بعكس ما تزعم أو تتوقع. مفهوم السببية إذن يعنى ما هو أكثر من إمكانيات تطبيقه فى عالم الخبرة، ومن ثم فالعلاقة السببية ليست مدركة بالحواس⁽³²⁾.

هذه النتيجة نقودنا إلى الخاصية الثانية من خواص العلاقة السببية، أعنى كونها ليست جزئية. فلو اتنى قلت أن "أ" على اليمين من "ب"، لو أن "أ" أكبر من "ب"، فإن العلاقة الزمانية أو المكانيّة بين "أ" الجزئية و "ب" الجزئية تكون بالمثل علاقة جزئية. أما إذا قلت أن "أ" تسبب "ب"، فإتنى حينئذ لا أتحدث عن هذه الـ "أ"، وتلك الـ "ب"، وإنما عن أى نوع من أنواع "أ"، وأى نوع من أنواع "ب". وهو ما يعنى أن العلاقة السببية علاقة كلية Universal، أو بعبارة أخرى: قابلة للتكرار⁽³³⁾.

أخيراً ينفى "هيوم" عن العلاقة السببية أن تكون تحليلية، أو تتطوى على ضرورة منطقية. فالقضية التحليلية هى تلك التى يكون المحمول فيها جزء من الموضوع أو مساوياً له، ومن ثم توصف بأنها "قابلة"، أو أن نقيضها مستحيل، كقولنا مثلاً "الوالد أب لأبناء" أو "الأعزب ليس متزوجاً". أما العلاقة السببية فليست كذلك، فإذا قلنا مثلاً أن النار تحرق، أو أن الماء يُرطب، فليست هذه قضايا تحليلية يلزم فيها المحمول لزوماً منطقياً عن الموضوع، لأن بإمكاننا تصور النار دون تصور الإحترق - كالهلب الكيميائى ذو التأثير البارد - وليس من الضرورى أن الماء يُرطب، لأن من السوائل - كالزئبق مثلاً - ما هو شديد الشبه بالماء، لكنه لا يُرطب. لا ينكر "هيوم"

(32) Ibid.

(33) Ibid.

أن العلاقة السببية تنسم بالضرورة ، لكنه ينكر أن تكون ضرورتها منطقية، وبالتالي فهي ليست قضية تحليلية^(٣٤).

١٢٥- وما دامت العلاقة السببية ليست جزئية أو تحليلية أو مدركة بالحواس، فهي إذن تصور غامض ، لا نستطيع إسناده ، لا إلى العقل أو إلى التجربة، وينبغي من ثم أن نضعه فى موضعه الصحيح، وأن نفهم المصدر الحقيقى لما ندعوه بالضرورة. وهذا هو الجزء الإيجابى من تحليل " هيوم " .
ينظر " هيوم " إلى العلاقة السببية من خلال ثلاثة ملامح ، رأى أنها تتفق جيداً والخبرة الحسية ، وهى : " السبق " Precedency ، و " التجاور " Contiguity ، والإقتران الثابت constant conjunction^(٣٥).

هذه الملامح تدفع الذهن إلى تكوين " عادة " عن إرتباط السبب بالنتيجة effect ، بحيث أننا حين نرى الحادثة " أ " فى المستقبل نتوقع حدوث الحادثة " ب " التى إرتبط حدوثها فى إدراكنا الماضى بحدوث " أ " وبالتالي فليست الضرورة السببية سوى ضرورة نفسية ، أساسها إدراك تلازم زوج من الحوادث، وإرتباط ذلك التلازم فى الذهن، وتكوين "عادة " عن توقع ذلك التلازم فى المستقبل^(٣٦).

(34) Ibid, pp. 29-30.

(35) Carra, op.cit, p77,p79.

(٣٦) د. محمود لطفى زيدان : الإسطراء والمنهج العلمى ، ص ١٠٧ .

وينفى هيوم أن تكون للعلاقة السببية خاصية الاتصال ، " فكل الحوادث -تبعاً لخبرتنا- تبدو مفككة loose ومنفصلة separate ، فالحادثة تتبع الأخرى، ولكننا لا نستطيع البتة إكتشاف أية صلة بينهما⁽³⁷⁾ .

وهكذا يمكننا تعريف "السبب" بأنه " شئ يتبعه شئ آخر ، بحيث أن كل الأشياء المماثلة للأول تتبعها أشياء مماثلة للثاني " ⁽³⁸⁾. أو بعبارة أخرى هو " شئ يسبق شئ آخر، بحيث أن كل الأشياء التى تشبه السابق قائمة فى مثل علاقات سبق والتجاور لتلك الأشياء التى تشبه اللاحق⁽³⁹⁾ .

ومن الواضح أن " هيوم " يسعى بهذا التعريف إلى تفرغ العلاقة السببية من أى مضمون عقلى لا يخضع مباشرة للخبرة. ولكن هل بإمكانه أن يقنعنا بإنتفاء الاتصال والضرورة العقلية عن السببية، حتى وإن كنا مفكرين إلى الإدراك الحسى المباشر؟

الحق أن إجابتنا لابد وأن تكون بالنفى. ولتأكيد ذلك دعنا نتأمل جيداً ما قرره للسببية من ملامح، لا سيما الإقتران الثابت والتجاور.

١٢٦- لا شك أن الإقتران الثابت يُعد سمة حسية هامة من سمات العلاقة السببية. ولكننا مع ذلك لا نستطيع رد الضرورة السببية إلى مجرد آلية نفسية أو " إتمكاس مشروط " conditioned reflex كما أخبرنا "هيوم " . فالإقتران الثابت ليس شرطاً ضرورياً أو كافياً sufficient للقول بالتسبيب، وإن كان

(37) Hume,D :: An inquiry concerning Human unders tanding (1748) , ed. with an introduction by C.W.Hendel, Bobbs- Mettill ,N.Y ,1955 ,85.Quoted by Carr, OP.Cit , p79.

(38) Ibid , p.79.

(39) Hume , D . : Treatise of Human nature (1739) , Oxford university press , London, 1967 , p - 170 . Quoted by Carr , OP . Cit , p . 79.

شكلاً إبداعياً له. إنه ليس شرطاً ضرورياً لأن أحكامنا السببية غالباً ما تؤسس على نذرٍ ينير من المشاهدات، بل إن مثلاً تجريبياً واحداً قد يكفى أحياناً لقيام الحكم السببي. ورغم القيمة التأكيدية التي نحصل عليها كلما كثر عدد ما نقدمه من أمثلة، إلا أننا نسترشد عقلياتاً بقوانين الإستقراء. ولما في حاجة إلى عدد كبير من الأمثلة لكي نتماد أذهاننا على توقع ظهور النتيجة متى ظهر السبب⁽⁴⁰⁾.

والإقتران الثابت من ناحية أخرى ليس شرطاً كافياً لوجود العلاقة السببية. فقد تفكرن الحادثة "أ" بالحادثة "ب" على نحو ثابت، ولكن ليس من الضروري أن تكون الأولى سبباً للثانية، بل قد تنتفي العلاقة السببية بينهما، وقد يكون الطرفان نتيجتين لسبب واحد مشترك، أو مظهرين لنفس العملية السببية. فالنهار مثلاً يتبع الليل على نحو ثابت، لكن الليل ليس سبباً للنهار، بل إن كليهما مظهران للدوران اليومي للأرض⁽⁴¹⁾.

والأكثر من ذلك، لا يلقى هيوم بالاً للبُعد التفسيري للعلاقة السببية. فالسبب كما علمنا أرسطو (ف 118) وكما تعنى الكلمة في أصلها اللاتيني، ما هو إلا تفسيرٌ يبدأ دائماً بكلمة "لأن". ولو إتبعنا هيوم في قوله بالإقتران الثابت، لكانت القضية "التخين يسبب السرطان"، لا تعنى أكثر من أن التخين والسرطان مقترنان بثبات، وهذا ليس صحيحاً، فضلاً عن أننا نحتاج إلى ما هو أكثر من ذلك: نحتاج إلى تفسير يوضح كيف أن تراكم النيكوتين والقطران في الرئة - مع توافر الشروط الإيجابية للمرض - يؤدي إلى توليد خلايا السرطانية وإنتشارها. وبعبارة أخرى، يجب أن نتمكن من إتقاء مسار

(40) Lucas, Op. Cit , pp31-32.

(41) Ibid , p 32. also Carr , OP.Cit , p.81.

التأثير السببي بين الحوادث، ولن يتسنى لنا ذلك ما لم يكن لدينا تصور للميكانيكية السببية causal mechanism ، أو للآلية التي ينتشر بها التأثير السببي، وهو ما يعنى ضرورة القول بالاتصال^(٤٢).

الإقتران الثابت إذن لا يمكن أن يكون مكافئاً لتصور السببية. فهو لا يعدو أن يكون ملمحاً حسياً لا يكشف عن جوهر تلك العلاقة. أو هو بُعد إدراكي من أبعاد التصور، لكنه ليس التصور ذاته.

١٢٧- أما عن التجاور فيبدو أن "هيوم". قد اضطر للقول به تجنباً للقول بالتأثير عن بُعد. الأمر الذي أوقعه في التناقض مع ما سبق أن قرره من أن الأشياء تبدو لخبرتنا مفككة ومنفصلة، حيث يقول في كتابه "مقال في الطبيعة الإنسانية": "إننى أجد فى المحل الأول أن الأشياء، مهما اعتُبرت كاسباب أو كنتائج، لا بد وأن تكون متجاورة... ومع أن الأشياء المتباعدة قد تبدو أحياناً منتجة لبعضها البعض، إلا أنها ترتبط بسلسلة من الأسباب، تلك التى تكون متجاورة فيما بينها. وعندما لا نستطيع إكتشاف هذا الترابط فى أية حالة جزئية، فإننا نفترض وجوده. ولذا نعتبر التجاور علاقة أساسية للقول بالتسبيب"^(٤٣).

لكن التجاور فى الحقيقة ليس مظهراً حسياً مباشراً، إذ لا يعنى كما نفهم من النص سوى التأثير بالملامسة. فإذا كان "هيوم" يُعرف السبب بأنه "شئ"، ويزعم إنتقال التأثيرات السببية بتلامس الأشياء، فعليه إذن : إما أن يقدم دحضاً لحجج زينون ضد الحركة (ف١٨، ١٩، ٢٠، ٢١)، وهو ما لم يفعله، أو أن يُسلم

(42) Lucas , OP . Cit , pp 37 - 38 , p . 176 .

(43) Quoted by Lucas : Treatise on Time and Space , OP . Cit , pp 193 - 94.

بالإتصال. والاتصال كما نعلم يستلزم عدداً لا متناهياً من المشاهدات بين أى حادثتين أو شئتين نزع إتصالهما، فليس بالمتصل حدود متجاوزة يتبع بعضها بعضاً، وإنما حدود لا متناهية العدد لاتخضع للحس المباشر^(٤٤).
نخلص من ذلك إلى أن تحليل هيوم للسببية يُجسد نظرة سلبية لفاعلية الإنسان وقدراته العقلية. فالإنسان وفقاً لهذه النظرة يُواجه الطبيعة، لابعقل قادر على التحليل والإستنتاج من خلال تأمله لفعل الأشياء، وإنما بعقل مُحايِد لا يستطيع تجاوز إمدادات الحواس. ولنا فى النهاية أن نتساءل : من أين أوتى هيوم تلك القدرة على التحليل. هل هى من فعل العقل أم من فعل الحواس؟ وإذا كان ينفى الاتصال ويُجرد السببية من ضرورتها العقلية، فكيف يسوق الأسباب التى أدت به إلى هذه الوجهة من النظر؟ أليست تلك علاقة سببية تتطوى بالطبع على ضرورة عقلية؟.

٤- كانط Kant (١٧٢٤ - ١٨٠٤).

١٢٨- التساؤل السابق من وحى المذهب الكانطى الذى جاء كرد فعل سريع ومباشر ضد نزعة هيوم التجريبية، ونظراته السلبية لقدرات العقل الإنسانى. حقاً لقد إعترف "كانط" بأن "هيوم" أيقظه من سباته اللوجماتيقى، فأقر بتركيبية العلاقة السببية وكأينتها، لكنه وجد أن هيوم لم يتمثل المسألة بكل جوانبها وسعتها، وإكتفى بتناولها من جانب واحد فقط هو جانب الإدراك الحسى^(٤٥).

(44) Ibid , p 194 , also Bunge , M. : Causality and modern science , third revised . . , Dover Publications , Inc , N.Y , 1979 , p 59 , p 61 .

(٤٥) كانط : مقدمة لكل ميتافيزيقا مقبلة ، ص ٤٨ .

ولكى نتبين ذلك نقول أن أحكامنا وفقاً لكناط، إما أحكاماً للإدراك الحسى
أو أحكاماً للتجربة. وليست الأولى سوى قيمة ذاتية، نابعة عن الترابط
المنطقى بين الإدراكات الحسية فى الذات المفكرة، ولا تنطبق بالموضوع إلا
بصفة بحدية. أما الثانية فهى تستلزم دائماً تصورات خاصة حاصلة أصلاً
فى الذهن، وتعملها قيمتها الموضوعية الثابتة من شخص إلى آخر^(٤٦).
وهكذا فالتجربة لا تقدم نظاماً ضرورياً شاملاً إلا بفضل النشاط القبلى
للذهن البشرى، الذى يدرك كل الأشياء والحوادث فى صورتهى المكان
والزمان، ويضمها تحت مقولات الوحدة والواقعية والجوهرية والسببية . . .
إلخ. وهذه الصور أو المقولات ليست مستمدة من التجربة، وإنما هى من إنتاج
العقل الخالص، ومن ثم فهى قبلية بالنسبة إلى كل إحساس أو إطباع^(٤٧).
السببية إذن مقولة عقلية بها تستحيل أحكام الإدراك الحسى إلى أحكام
للتجربة. فإذا قلت مثلاً: "إذا سقطت أشعة الشمس على الحجر. سخن الحجر"،
كنت بإزاء حكم للإدراك الحسى ليست فيه أية ضرورة مهما كان عدد المرات
التي أدرك فيها: أنا أو غيرى من الناس هذه الظاهرة، فقد إعتدنا على وجود
هذا الترابط بين الإدراكات الحسية. أما إذا قلت "الحجر يسخن بأشعة الشمس"،
فأنا أضيف هنا التصور العقلى للسبب إلى الإدراك الحسى، وبذلك أربط
بالضرورة تصور الحرارة بتصور ضوء الشمس. وهكذا يصبح الحكم

(٤٦) نفس المرجع، ف ١٨، ص ص ١٠٢ - ١٠٣ .

(٤٧) Marcuse , H. : Reason and revolution , Hegel and the rise of
social theory , Humanities Press , Atlantic Highlands , N.J , 1983 ,
pp 21 - 22 .

التركيبى حكماً صحيحاً صحة كلية، وبالضرورة حكماً موضوعياً، كما يصبح حكم الإدراك الحسى حكماً للتجربة^(٤٨).

ولكن كيف تنطبق السببية وهى مقولة كلية على الحدوس الحسية وهى إدراكات حزنية متأثرة؟. يجيب كائط بأنها لاتطبق مباشرة، وإنما عن طريق وسيط يقدم رسوماً تخطيطية تنظم بموجبها المدركات الحسية. هذا الوسيط هو "المخيلة المبدعة"، وهى قوة تلقائية تختلف عن المخيلة المستعدة الخاضعة لقوانين تدعى المعانى^(٤٩).

أما الرسوم ذاتها فهى ما يدعوه كائط بتمثيلات التجربة Analogies of experience، وهى لاتعمل إلا من خلال صورة أولية تلتهم جميع الظواهر. وتلك هى صورة الزمان، الذى يتسم بالدوام duration والتتالى succession والتأتى simultaneity.

وهكذا فالدوام هو الرسم التمثيلى للجوهر، أما التتالى فهو الرسم التمثيلى للتسبب، وأما التأتى فهو الرسم التمثيلى للتفاعل المتبادل بين الجواهر^(٥٠). ولما كانت السببية خاضعة فى تصورهما لتصور الزمان، وكان تصور الزمان خاضعاً بدوره لمبدأ الاتصال، فمن الطبيعى ألا تكون السببية سوى صورة خالصة من هذا المبدأ العام الأسبق ذهنياً، وبذلك ينتفى أى إتفصال بين أنات الزمان المتتالية، وترتفع العلاقة السببية عن أى إتفصال مرئى بين الظواهر^(٥١).

(٤٨) كائط : المرجع السابق، حاشية، ص ١٠٧ .

(٤٩) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة، ص ٢٢٨ .

(50) Van Fraassin : OP . Cit , p 47 .

(51) Ibid , p 49 - 50 . =

ولاشك أن معالجة كاتط للسببية تتسم بمسحة ميتافيزيقية. ولكنها مع ذلك تُشيد مفهوماً علمياً للسببية. يجمع بين الفزعتين العقلانية والتجريبية، أو بين التصور وتطبيق التصور، وهو ما عبر عنه كاتط بقوله "أن التصورات - بدون حدوس حسية - جوفاء، كما أن الحدوس - الحسية بدون تصورات - عمياء"^(٥٢).

ورغم الفارق الشاسع بين توجهات كل من "هيوم" و "كاتط"، إلا أنهما يتفقان في كون العلاقة السببية شيئاً مفروضاً على فهمنا للعالم الخارجى. إما بتداعى المعانى، أو بمقولات العقل المجرد. لكن كاتط كان أكثر وضوحاً وإقناعاً حين رد السببية إلى مبدأ الاتصال، بوصفه مبدأ قبلياً تنتظم بموجبه معطياتنا الحسية فى الزمان والمكان. أما هيوم فقد نظر إلى العالم بمنظار ضيق، يُسجل حادثة هنا وحادثة هناك، فأنكر إتصال التسيب بإنكار إدراكه بالحواس، وإن كان قد أثبتته دون أن يدري فى منهجه التحليلى لمقولة السببية!

ج- السببية فى القرون العشرين

- **بوتراند رسل B.Russell (١٨٧٢-١٩٧٠):**

١٢٩- نصطفى "رسل" من بين فلاسفة القرن العشرين. لتعرض بإيجاز رويته للعلاقة السببية. ليس لأن إعتقاده بالاتصال يقترب فى قبيلته من إعتقاد كاتط فحسب، ويحقق بالتالى فرضنا الرئيسى فى هذا الفصل، ولكن أيضاً لأن

= وأيضاً د. زكريا إبراهيم : كاتط أو الفلسفة العقلية (مكتبة مهر ، القاهرة ، ط ٢ ، ١٩٧٢)

ص ٩٤ .

(٥٢) نفس المرجع ، ص ٧٩ .

نظريته المعرفية إتسمت بالتطور عبر مؤلفاته المختلفة لتواكب تطور نظريات علم الطبيعة. فلقد آمن بأن الفلسفة ينبغي أن تكون علمية في جوهرها، وأن يكون العقل الأعلى لها علمياً^(٥٦)، فجاءت رؤيته الأخيرة للسببية محصلة لتراكمات علمية وفلسفية يقف أينشتاين على قمتها^(٥٧).

أثبت "رسل" هذه الرؤية في كتابه: "المعرفة الإنسانية : مداها وحدودها" (١٩٤٨) وفلسفتي كيف تطورت " (١٩٥٨) ، حيث عقد في كلٍ منهما فصلاً عما يدعوه بـ "مصادر البحث العلمي" ، وهي مبادئ لا يمكن البرهنة عليها منطقياً، ولا يتوقف صدقها على الخبرة، وإنما نسلم بها منذ البدء كوسيلة لبناء العالم الخارجى معرفياً. أو بعبارة أخرى، هي مبادئ تصدق بمقتضاها إستدلالاتنا من خبراتنا الذاتية إلى الطبيعة للخارجية^(٥٨).

وسوف نلاحظ من خلال تلك المصادر مدى اعتقاد "رسل" بالاتصال كمبدأ قبلى يرتد إليه مبدأ السببية. كما نلاحظ أيضاً مدى تأثره بنظرية النسبية لأينشتاين، لا سيما قوله أن "الحوادث" هي النسج الذى يتألف منه متصل الزمان - مكان، وأن الضرورة تحكم العالم من خلف نسبية الإدراكات الحسية.

١٢٩-١- مقارنة شبه الموام.

The Postulate of quasi - permanence .

وقد صاغها "رسل" على الوجه التالى : "إذا كانت "أ" أية حادثة لدينا، فإتبه يحدث فى الغالب الأعم أن توجد فى أى وقت مجاور وفى مكان

(٥٦) بوفنسكى : الفلسفة المعاصرة فى أوروبا ، ص ٨٦ .

(54) Van Fraassen , OP . Cit , p 171.

(٥٥) د. محمد محمد لاسم : بروتاند رسل ، ص ٢٤٩ .

مجاور حادثة أخرى كبيرة الشبه بالحادثة (٥٦) .

وتبعاً لهذه المصادر يكون "الشيء" سلسلة من الحوادث المتصلة، ذلك أن الشيء (أو قطعة المادة) ليس كائناً وحيداً بالياً وثابتاً، بل هو خليط من حوادث لها نوع من الارتباط السببي بين كل منها. فالمنزل - كشرح لهذه المصادر أو القانون السببي - لا يُعد مركباً من حادثة أو أكثر تبقى حتى يتحطم المنزل، بل يتركب من سلسلة حوادث على وجه تكون معه هذه الحوادث ليست هي نفسها التي يتركب منها في لحظة ما سابقة أو لاحقة قليلاً، بل تكون مشابهة لها تماماً (٥٧). وبهذا المعنى تمثل الحوادث تاريخاً متصلاً لأي جسم مادي، مما يذكرنا بالتمثيل التجريبي الأول لكائنات، حين جعل من الدوام رسماً تمثيلاً لمفهوم الجوهر تنتظم بموجبه مركاتنا الحسية المنفصلة، وإن كان رسل قد أعاد صياغة هذا التمثيل بما يتفق ونتائج النظرية النسبية لأينشتاين (٥٨).

١٢٩-٢- معادلة الخطوط السببية القابلة للانفصال :

The Postulate of seperable causal Lines .

"كثيراً ما يكون من الممكن أن تولف سلسلة من الحوادث على نحو يمكننا معه أن نستدل من عضو أو عضوين منها شيئاً ما فيما يتصل بجميع الأعضاء" (٥٩).

(٥٦) نفس المرجع ، ص ١٨١ ، ص ٢٥٥ .

(٥٧) د. محمد مهران : فلسفة بروتانوسل ، (دار المعارف ، القاهرة ، ط ٣ ، ١٩٨٦) ، ص ١٢٢ .

(58) Van Fraassen, OP . Cit , pp . 47-48.

(٥٩) د. محمد محمد قاسم : المرجع السابق ، ص ١٨٢ ، ص ٢٥٧ .

هذه المصادرة إمتداد للمصادرة الأولى، حيث يفترض رسل من خلالها أن هناك سلسلة من الحوادث تشكل خطأ سببياً. وما دامت تشكل خطأ سببياً فإنها تخضع لفكرة القانون السببي، لذلك فإن معرفة بعض أعضاء هذه السلسلة يكفل لنا معرفة بقية الأعضاء^(١٠).

وخير مثال على استخدام تلك المصادرة هي فكرة الحركة، حيث يحتفظ الشيء بهويته وذاتيته مع تغير موضعه. يكفي أن تشير إلى دوام موجات الصوت أو الضوء، فبفضل هذا الدوام يمكن لعمليتي السمع والإبصار أن يقدمنا لنا معرفة عن حوادث معينة قريت أو بدت^(١١).

١٢٩-٣- مطابقة الاتصال الزمكاني:

The Postulate Of Spatio-temporal continuity .

" عندما يكون هناك إتصال سببي بين حادثتين ليستا متجاورتين، فلا بد وأن تكون بينهما حلقات متوسطة في السلسلة السببية تجاور كل واحدة منها الأخرى. أو أنه توجد بدلاً من ذلك عملية متصلة بالمعنى الرياضى"^(١٢).

وأول ما يصرح به "رسل" بصدد هذه المصادرة أنها معنية برفض التأثير عن بُعد، ويعنى بذلك أن سلاسل الأحداث أو السلسلة السببية هي دائماً سلسلة متصلة ليس بها فجوات أو فواصل. فلا تؤثر الحوادث في حوادث أخرى تتفصل عنها في الزمان والمكان إلا عند وجود سلسلة تصل ما بينهم^(١٣).

(١٠) نفس المرجع ، ص ١٨٣ .

(١١) نفس المرجع ، ص ١٨٤ .

(١٢) نفس المرجع، ص ١٨٤ ، ص ٢٥٨ .

(١٣) نفس المرجع ، ص ٢٥٨ .

وتكمن أهمية هذه المصادر في أنها تتيح لنا الاعتقاد بوجود الموضوعات الفيزيائية حين لا تكون موضع إدراك حسي^(٦٤). وبذلك يتجاوز "رسل" الثغرة التي أوقعت "هيوم" في التناقض حين أكرر إتصال السبب إستناداً إلى تسجيلات الحواس المنفصلة، ثم عاد فقال بالتجاوز لتفسير التأثيرات السببية. فذلك الأخيرة وفقاً لرسل لا يمكن أن تنتقل في شكل قفزات بين الحوادث، وإنما تنتقل بشكل مترج تعبر من خلاله عدداً لا متناهياً من الحوادث في أي فاصل زمكاني، وهذا بعينه تعريف "كانتور" للإتصال كما أوضحنا في فصل سابق (ف٧٧).

١٢٩-٤- المصادر البنائية . The structural postulat

"إذا ما إنتظم عدد من الحوادث المركبة المتشابهة من حيث البناء حول مركز في مناطق لا يفصلها عن بعضها البعض فواصل فسيحة، فالأمر المعتاد هو أن كل هذه الحوادث تنتمي إلى خطوط سببية ترجع بأصلها إلى حادثة تقع في المركز ولها نفس البناء"^(٦٥).

هذه المصادر ضرورية لنظرية رسل في الإدراك الحسي. فالبناء structure يفسر لنا كيف أن حادثة مركبة يمكن أن تكون على إتصال سببي بحادثة أخرى مركبة، بالرغم من أنهما ليستا متشابهتين من حيث الكيف، وإن كانتا متشابهتين بالضرورة في الخواص المجردة لبناتهما الزمكاني^(٦٦). ولوضح مثال يقدمه رسل ل يظهر طبيعة البنية الزمكانية للحوادث هو :

(٦٤) د. محمد مهراڤ : المرجع السابق ، ص ١٢٣.

(٦٥) د. محمد لاسم : المرجع السابق ، ص ١٨٥ ، ص ٢٥٩.

(٦٦) نفس المرجع ، ص ١٨٦.

نفرض أن "أ" يقرأ بصوت مسموع . وأن "ب" يدون ما يسمعه من "أ" ، وأن ما رآه "أ" في الكتاب متطابق حرفياً مع ما كتبه "ب" . فمن التناقض أن نفكر الارتباط السببي بين أربع مجموعات من الحوادث وهى :
 ١- ما هو مطبوع في الكتاب ، ٢- الأصوات التي صدرت عن "أ" وهو يقرأ بصوت مسموع ، ٣- الأصوات التي سمعها "ب" ، ٤- الألفاظ التي دونها "ب" .

ونفس هذا يصدق على آلة التسجيل وما يصدر عنها من موسيقى ، فهذه كلها متشابهة من حيث البنية ^(٦٧) .

وهكذا فالمصادرة تبرر دون برهان اعتقادنا بوجود أشياء عامة وموضوعية ، أو وجود مجموعات عامة من الحوادث المتصلة ، تشكل أصلاً عاماً للمدركات الحسية لدى كثرة من الناس ^(٦٨) .

١٢٩-٥- مسامرة التمثيل . The postulat of Analogy

"إذا كانت لدينا فئتان من الحوادث هي "أ" ، "ب" . وعلى فرض أننا كلما تمكنا من ملاحظة "أ" ، "ب" كليهما وجدنا ما يبرر لنا أن نعتقد أن "أ" سبب "ب" ، ترتب على ذلك أنه إذا لاحظنا "أ" في حالة معينة ، ولكننا لم نجد أية طريقة نلاحظ بها ما إذا كانت "ب" تحدث أم لا تحدث ، فمن المحتمل

(67) Russell ,B. : My philo . Development , George Allen & Unwin , London, 1959, p . 204 .

نقلاً عن د. محمد مهراڤ : المرجع السابق ، ص ١٢٤ .

(٦٨) د. محمد قاسم : المرجع السابق ، ص ٢٥٩ .

أن تحدث "ب"، وكذلك الحال إذا ما لاحظنا "ب" ولكن لم نستطع أن نلاحظ ما إذا كانت "أ" حاضرة لم متخلفة عن الحضور^(٦٩).

وترتبط هذه المصادرة بوظيفة هامة، وهى تبرير إعتقادنا فى عقول الآخرين، أو بعبارة أخرى تبرير شهادة الغير التى تشكل جانباً كبيراً من معارفنا. فإذا كان الإعتقاد بعقول الآخرين مصدره خبرات وقعت لى، وأن هذه الخبرات قد تكون مُضللة، كان من الضرورى وضع مصادرة تمثل بداية معارفنا بهذا الصدد^(٧٠).

١٣٠- ولما بصدد تقييم المصادرات أو فحص وظيفتها الإستمولوجية، وإنما أردنا فقط الإشارة إلى موقف "رسل" الأخير من علاقة الأسباب بنتائجها.

وقد لاحظنا تخلى "رسل" عن مبدأ السببية بمعناه التقليدى الذى يقضى بأن "لكل حادثة فردية" سبب "يمثل بدوره حادثة فردية". فالسببية كما نتبونا المصادرة الثانية هى أى قانون يجعل من الممكن أن نستدل من عدد غير محدود من الحوادث على حادثة أخرى أو مجموعة من الحوادث. والاستدلال هنا إحتمالى، ولكنه يكاد يقترب من اليقين. وهذا التعريف فى الواقع هو تعريف للحتمية، وكأن "رسل" بذلك يرد الحتمية إلى سببية^(٧١). أما عن مصدر السببية، فمن الواضح أنه مبدأ الاتصال، الذى يبدو إعتقاد رسل به إعتقاداً كاتطلياً قَبلياً، يمثل أساساً للبحث العلمى.

هذا الموقف لرسل يقودنا إلى التساؤل عن علاقة القانون السببى بالقانون الإحصائى. وهل يخلو الأخير من أى ترابط سببى؟ وماذا عن قوانين الكم

(٦٩) نفس المرجع، ص ١٨٧، ص ٢٦١.

(٧٠) نفس المرجع، ص ٢٦١.

(٧١) د. محمود فهمى زبدان: من نظريات العلم المعاصر، ص ١١١ - ١١٢.

التي ينكر أصحابها إتصال الحوادث ويزعمون بها إحتضار السببية فى باطن
الذرة ٢٢ .

ثانياً: القانون السببي والقانون الإحصائي .

١٣١- يمكن القول - بصفة عامة - أن قوانين العلم الأساسية إما أن تكون
قوانين سببية causal laws ، أو تكون قوانين إحصائية statistical laws .
ووفقاً للتقليد الشائع تُعرف الأولى بأنها " تلك التي تكشف بوضوح عن
علاقات سببية مؤكدة بين الحوادث أو بين الظواهر " (٧٢) . ومن أمثلتها قوانين
الحركة لنيوتن (ف ٢٣) وقوانين المجال لماكسويل (ف ٩٠) وقوانين النسبية
لأينشتاين (ف ٩٨) . أما الثانية فهي تلك التي تخبرنا بتحقيق نتيجة معينة
- فى ظروف معينة - بنسبة مئوية معينة . أى أنها قوانين إحصائية
probabilistic laws . تحدد علاقات كمية بين أنواع من الحوادث " يمكن "
تكرارها ، أو ملاحظة تكرار حدوثها عبر سلسلة طويلة متصلة من التجارب .
ومن أمثلتها قوانين الغازات ، والقانون الثانى للثرموديناميكا (ف ٨٢) وقوانين
الطاقة والإشعاع فى نظرية الكم (٧٣) (ف ١٠٨ وما بعدها) .

ورغم ما قد يذهب إليه بعض العلماء أمثال " بوهر " و " هايزنبرج "
من أن جميع قوانين الطبيعة هى فى جوهرها قوانين إحصائية ، وأن هذه
الأخيرة تمثل النموذج الأساسى الأعم للقوانين (٧٤) . إلا أننا على العكس من
ذلك نفترض أن نوعى القانون العلمى : السببى والإحصائى - بالمعنى السابق

(٧٢) د. فهمى محمود زيدان : مناهج البحث فى العلوم الطبيعية المعاصرة (دار المعرفة الجامعية ،
الإسكندرية ، ١٩٩٠) ، ص ٦٦ .

(٧٣) نفس المرجع ، ص ٦٩ .

(٧٤) د. محمد عبد اللطيف مطلب : الفلسفة والفيزياء ، ص ١٠٠ .

- ما هما إلا وجهان لعملة واحدة ، وأن كليهما 'يفترض مبدأ السببية الذى يفترض بدوره مبدأ الاتصال.

نستد فى هذا الغرض إلى نقطتين تودى كل منهما إلى الأخرى، أما الأولى فتتمثل فيما تحويه العلاقة السببية من أنماط تتجاوز النمط التقليدى الشائع لها، والقاتل بأن نفس السبب يودى بالضرورة إلى نفس النتيجة. وأما النقطة الثانية فتتخصر فى الفارق الواضح بين القانون وتطبيق القانون، بين النموذج الرمضى الذى يستخدمه رجل العلم فى وصف الظواهر، وبين وصف ما هو مرئى أو قابل للرؤية فى الواقع. ولنفصل ذلك ببعض الأمثلة.

أ- أنماط العلاقة السببية:

١٣٢- بداية لو نظرنا إلى العلاقة السببية لوجدنا أنها تحتل أنماطاً ثلاثة، وهى (٧٥):-

١- نفس السبب \Rightarrow نفس النتيجة .

٢- اسباب مختلفة \Rightarrow نفس النتيجة .

٣- نفس السبب \Rightarrow نتائج مختلفة.

وأول هذه الأنماط يُعبر عن نظام حتمى *determinist* تام، تمثل له بالميكانيكا النيوتونية. فإذا إستطعنا معرفة الشروط الابتدائية *initial conditions* - أى السبب لأى نظام، أمكننا التنبؤ على نحو تام . بالشروط النهائية *final conditions* - أى للنتيجة. ومن ثم نقول أن هناك تناظر واحد بواحد *one - one correspondence* بين السبب والنتيجة (٧٦).

(75) Lucas : *A treatise on Time and space* , p . 53 .

(76) Ibid . Also collingwood, R.G : *An Essey on Metaphysics*.
Agateway ed. , Henry Regnery company , Chicago , 1972 , p. 313.

كمثال لذلك ، إذا أطلقنا رصاصة بسرعة معينة في اتجاه معين، فإننا نستطيع أن نحدد من قوانين الحركة لنهتدئ أية نقطة في الهدف سوف تُصيبها الرصاصة ^(٧٧). وهذا يفترض طبعاً أن أسباب الانحراف البسيط عن النتيجة المحسوبة - كالاحتكاك ومقاومة الهواء مثلاً - يمكن إهمالها، فهي ليست شروطاً جوهرية بالمقارنة مع الرابطة الجوهرية التي يجسدها القانون ^(٧٨). وهكذا نقول أن القانون السببي الحتمي حتمية مطلقة هو ذلك الذي يحكم حركة أجسام أو مجالات مفردة دون اعتبار لنهايتها أو تفاعلاتها الداخلية ^(٧٩).

أما ثنائي هذه الأنماط فيعبر عن نظام إحصائي تتراجع حتميته إلى الوراء قليلاً. ويمكن أن نمثل له بالقانون الثاني للترموديناميكاء، حيث يوجد تناظر كثير بواحد many- one correspondence بين كل من الشروط الابتدائية والنهاية ^(٨٠). فعلى سبيل المثال ، إذا تلامس جسمان أحدهما ساخن والآخر بارد، فوفقاً لنص القانون القائل بعدم قابلية الظواهر الحرارية للارتداد، تتصادم جزيئات كل من الجسمين، ورغم أن هذه الجزيئات متفاوتة السرعة والاتجاه، مما يعنى إختلاف " الأسباب " أو الشروط الابتدائية، إلا أن ما يحدث إجمالاً هو تعادل جميع السرعات عن طريق الإصطدامات، ليصل الجسمان في النهاية إلى درجة حرارة واحدة .

ومن الواضح إختلاف النمط الأول عن النمط الثاني. فنحن في الحالة الأولى نتعامل مع نقطة كتلة مفردة، لها عدد صحيح من المتغيرات

(٧٧) فليب فرانك : فلسفة العلم ، ص ٣٥٣ .

(٧٨) د. محمد عبد اللطيف مطلب : الفلسفة والفيزياء ، ص ٩٢ .

(٧٩) نفس المرجع ؛ ص ٩١ .

(80) Lucas , OP. Cit., P. 53.

Parameters - كالسرعة والإتجاه والموضع - ولكل متغير منها قيمة مضبوطة بصورة مثلى، لا أكثر ولا أقل، ومن ثم يمكننا التنبؤ بالنتيجة على نحو صحيح مائة في المائة^(٨١).

أما في الحالة الثانية فلنأخذ نواجه حشداً من النقاط الكتلية، لكل منها متغيراته الخاصة بالامعروفة، ولذا نلجأ إلى حساب الاحتمالات.

ولعل أشهر الأمثلة على حساب الاحتمالات هو إلقاء العملة أو قطعة النقود. ومن المعروف أن فرص الحصول على أحد الوجهين عند إلقاء العملة تكون دائماً متساوية. وعادة ما نقول أن فرصة الحصول على "الرسم" أو "الكتابة" هي ٥٠٪. ولكن من المتعارف عليه في الرياضيات أن نقول أن الفرص هي ١/٢ : ١/٢. فإذا جمعنا الكسرين نحصل على $1/2 + 1/2 = 1$. والواحد الصحيح في نظرية الاحتمالات يعنى اليقين. فالواقع أنك متأكد تماماً أن إلقاء العملة سيؤدي إلى ظهور إما الوجه أو الكتابة^(٨٢).

أما إن قيمتي صدق منفصلتين لكل جزئ أو نقطة كتلية : صادق وكاذب (أو رسم وكتابة) ، وحتى نستطيع التنبؤ بالنتيجة النهائية لحشد النقاط، نلجأ إلى تعميم قيم الصدق المنفصلة داخل صف متصل من قيم الاحتمال. وهو تعميم يستمد شرعيته من إتصال الزمان والمكان^(٨٣)، أو مما عبر عنه "رسل" بمصادرة البناء (ف ١٢٩-٤). ويلزم عن تصور القانون الإحصائي بهذا المعنى أن تكون له خاصية التنبؤ السببي ، لا التنبؤ التام الذى يفترضه نيوتن،

(81) Ibid , P. 258.

(٨٢) جورج جاموف : بداية بلا نهاية ، ص ٢٠٤ - ٢٠٥.

(83) OP. Cit. P. 259 .

وإنما التنبؤ الدقيق الذى يسمح باستثناءات تنتظر إكتشاف قانونها الخاص^(٨٤). أما النمط الثالث من أنماط العلاقة السببية فعكس الثانى، وإن كانت له أيضا الصفة الإحصائية أو الإحتمالية، حيث يوجد تناظر واحد بكثير one-many correspondence بين الأسباب ونتائجها^(٨٥). ولنضرب لذلك مثالا كمائياً : هب أن لدينا لوحاً زجاجياً مصقول جيداً، وأن شعاعاً ضوئياً ملوناً يسقط عليه. من الطبيعى حينئذ أن نتوقع إعتكاس جزء من الضوء. أما الجزء الباقى - ولنقل أنه ثلاثة أمثال الجزء الأول - فسوف يمر خلال اللوح الزجاجى. ولا تعتمد النسبة بين هذين الجزئين على شدة الضوء intensity، أو بعبارة أخرى لا تعتمد على عدد الفوتونات الساقطة. إذ مهما كان هذا العدد فسوف ينعكس الربع وينعكس الباقى. فإذا كان عدد الفوتونات الساقطة كبيراً، وليكن مليوناً، فمن السهل أن نقرر عدد ما ينعكس منها وعدد ما ينعكس، حيث نقول أن ربع مليون سوف ينعكس وثلاثة أرباع المليون سوف ينعكس، ونكون بذلك أمام علاقة سببية من النمط الثانى الذى يتضمن تناظر كثير بواحد بين الأسباب والنتائج. ولكن إفرض أن شعاع الضوء كان ضعيفاً للغاية، بحيث أن فوتوناً مفرداً فقط يسقط على اللوح الزجاجى. لا شك أننا هنا نواجه حالة مختلفة. فالسبب واحد، لكن النتائج متعددة، لأن نسبة إعتكاس الفوتون إلى إعتكاسه تساوى $4/1$: $4/3$ بلغة الإحتمالات^(٨٦). ومرة أخرى نقول أننا أمام علاقة سببية تتيح قدراً دقيقاً من التنبؤ، ولو بصورة أخرى مختلفة. ووفقاً لهذه

(84) Born M: Natural philosophy of cause and chance, Dover publication, Inc. N. Y, 1964 , PP. 101-102.

نقلًا عن د . محمود فهى زيدان : من نظريات العلم المعاصر ، ص ١٠٩ .

(85) Lucas , OP. Cit, P. 53.

(86) planck: the philo. of physics P. 56.

القسم الثالث لأمط العلاقة السببية، نستطيع الزعم بأن جميع قوانين الطبيعة تتطوى على ترابطات سببية. وأن تفرقتنا بين ما ندعوه بالقانون السببي والقانون الإحصائي لا أساس لها من الصحة، لأنهما في النهاية وجهان لعملة واحدة. بل إنهما ليتدخلان أحياناً في نفس النظام البحثي، فالهواء مثلاً يخضع للقانون العام للغازات إذا أردنا التحدث عن حالته (الضغط والحجم ودرجة الحرارة). وهو كما نعرف قانون إحصائي نتنبأ من خلاله بلغة الاحتمالات. لكن هذا القانون نفسه يصبح قانوناً حتمياً إذا ما طبقناه على كل الهواء في الوعاء الذي يحتويه. فعند معرفة الشروط الأولية للهواء والظروف الخارجية التي تؤثر فيه، يمكننا معرفة حالته النهائية بدقة تامة^(٨٧).

وهكذا فإذا كان لابد من التفرقة، فمن الأفضل أن نفرق بين قوانين سببية ذات يقين مطلق، وقوانين سببية ذات يقين دقيق. أو بعبارة أخرى بين قوانين تنقسم بالاحتمالية المطلقة، وأخرى تنقسم بحتمية معتدلة^(٨٨).

ب- تصور القانون وتطبيق القانون:

١٣٣- النقطة الثانية التي نعزو إليها تفرقة البعض بين القانون السببي والقانون الإحصائي، تتمثل في الخلط بين القانون كتعميم عقلي إستنتاجي، وبين إستخدام هذا القانون في النواحي العملية. ولنسترجع معاً مثال الرصاصة أو النقطة الكتلية التي أطلقت نحو هدف معين.

لا شك أن حركة هذه الرصاصة تخضع عقلياً لقوانين الميكانيكا النيوتونية، التي تمنحنا معرفة يقينية تامة بموضع الإصابة إذا عرفنا الشروط الابتدائية للحركة. ولكن دعنا نحاول إجراء هذه التجربة. هنا سوف ندرك

(٨٧) د. محمد عبد اللطيف مطلب: الفلسفة والفيزياء، ص ٩٤-٩٥.

(٨٨) انظر د. محمود فهمي زيان: المرجع السابق، ص ١٠٨-١١٠.

الصعوبات الفنية التي تفتقر بإطلاق كلمة ما على هذا النحو تماماً. لأننا مهما قمنا بتكرار التجربة تحت نفس الظروف العملية، بمعنى أننا نتخذ في كل مرة نفس النوع من الترتيبات الفنية لكي نوفر الظروف المطلوبة، إلا أن نقطة الإصطدام لن تكون هي ذاتها في كل حالة، وإنما نحصل فقط على نموذج من النقاط المتراسة حول مركز معين. وهكذا فإذا وصفنا الشروط الابتدائية (أي السبب) بدلالة عمليات فنية ملائمة، فلن يمكننا التنبؤ تماماً بنقطة الإصطدام، ولكن يمكننا التنبؤ فقط بنموذج للإصطدامات أو "التشتت" وهو ما يعنى أننا أمام قانون إحصائي يفرضه العوامل الخارجية للتجربة، فضلاً عن عدم كفاءة الأجهزة التي نرسي بها الموضوع والاتجاه^(٨٩).

نستنتج من ذلك أنه لكي يكون القانون السببي ذا طابع حتمي مطلق، لا بد وأن يتوافر له شرطان: شرط رياضي، وشرط تجريبي. وطبقاً للشرط الأول يختفى التشتت في النتيجة إذا اختفى التشتت في الظروف الابتدائية. وطبقاً للشرط الثاني يمكننا التخلص من التشتت في الظروف الابتدائية بتوافر أجهزة فيزيائية ملائمة، وتطابق العوامل الخارجية المؤثرة^(٩٠). وحيث أننا لم نصل بالشرط الثاني إلى مرحلة التحقق التام، فمن الطبيعي أن نتراجع الحتمية التامة معرفياً، ولكن دون أن يُخل ذلك بالحتمية الأنطولوجية التي تعمل بمقتضاها ظواهر الطبيعة.

يمكننا إذن القول بأن جميع قوانين الطبيعة -على مستوى العقل- هي في جوهرها قوانين سببية حتمية، بما في ذلك القوانين الإحصائية - طالما كان مجموع الاحتمالات في الرياضيات يساوي الواحد الصحيح. وأن جميع

(٨٩) فيليب فراנק : فلسفة العلم ، ص ٣٥٤-٥٥.

(٩٠) نفس المرجع ، ص ٣٥٦ .

القوانين على مستوى التجربة هي في جوهرها قوانين سببية إحصائية تتراجع حتميتها بتراجع كفاءة أجهزة القياس. ولا يُخل ذلك كما ذكرنا بالطابع الحتمي لقوانين الطبيعة، بقدر ما يؤكد الطابع التقريبي لمعرفتنا. فكل قياس في العلم يُعطى دائماً مع خطأ محتمل، والإعتراف بهذا الخطأ هو المنفذ الذي يجرى من خلاله نمو المعرفة وتطورها^(٩١).

خلاصة القول: هناك ازدواج بين العقل وبين ما يريد أن يجعله معقولاً. وليست القوانين السببية بما تتطوى عليه من ضرورة سوى وسيلة عقلية لتنظيم الظواهر المرئية، وعلينا أن نحذر من زعزعتها لأننا لا نستطيع تجاوزها^(٩٢).

ثالثاً: الاتصال السببي وقوانين الكم:

١٣٤- كان إتصال التسييب حتى أواخر القرن التاسع عشر أمراً مسلماً به لدى كافة علماء الفيزياء. ليس كشرط أنطولوجي فقط، ولكن أيضاً كشرط إستمولوجي يفرضه إستخدام حساب التفاضل والتكامل في وصف عمليات الطبيعة. فلقد نظر نيوتن إلى العلاقة السببية كدالة متصلة تخلو تماماً من الفجوات. وعلى نفس المنوال نصح "ماكسويل" حين إستكمل النسق الرياضي لنظرية "فاراداي" في المجال، مستبعداً بذلك إمكانية التأثير عن بُعد. وهكذا ماد بين العلماء تصور يقضي بأن السبب يؤدي إلى نتيجته عبر سلسلة من المتوسطات السببية اللامتناهية العدد. وأن "الأسباب الصغيرة لها نتائج

(٩١) د. محمد محمد قاسم: المدخل إلى فلسفة العلوم (دار المعرفة الجامعية الأسكندرية،

١٩٩٦)، ص ٢١.

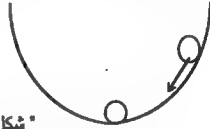
(٩٢) أندريه لالاند: العقل والمعجز (ترجمة د. نظمي لوقا، الهيئة المصرية العامة للكتاب،

القاهرة، ١٩٧٩)، ص ٤٤.

صغيرة " small cause have small effects . بمعنى أن أى تغيير تدريجى فى السبب لابد وأن يودى إلى نتيجة متغيرة تدريجياً^(٩٣).

على أن هذا التعميم لم يخل دائماً من الاستثناءات، بل لقد كانت الطبيعة تكشف من حين إلى آخر عن طفرات كمية أو كيفية فى عملياتها، تمثل فجوة فى السلسلة السببية. من أمثلة الطفرات الكمية ما يعرف بحالة "اللاإستقرار" Instability . فمن المعروف فيزيائياً أن الجسم يكون فى حالة "إستقرار" ديناميكى أو إستاتيكي إذا ما إستوفى شروط الإتران Equilibrium أى عندما تتوازن جميع القوى أو العوامل المؤثرة عليه^(٩٤). بحيث أن أى إنحراف عن موضع الإتران، يواجه بقوة تحاول إعادة الجسم مرة أخرى إلى هذا الوضع (شكل أ). ومن ثم نقول أن الأسباب الصغيرة لها نتائج صغيرة^(٩٥).

الإستقرار : بعد أى إنحراف صغير عن موضع الإتران (القاع) تعود الكرة إليه مرة أخرى. وهكذا نقول أن الأسباب الصغيرة لها نتائج صغيرة.



" شكل (أ) "

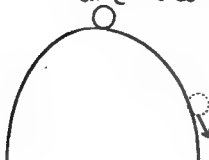
أما حالة " اللاإستقرار " أو " الإتران اللامستقر " فليست كذلك، لأن أى إنحراف صغير عن وضع الإتران قد يفضى بالنظام إلى حالة مختلفة تماماً، وعلى نحو أكثر دقة إلى مدى بأسره من الحالات التى لا يمكن أن تكون متصلة سببياً بالإنحراف عن الحالة الأولى فقط (شكل ب). وهو ما نعبر عنه

(93) Bunge : Causality and modern science , p . 137 .

(٩٤) أنظر : معجم الفيزياء الحديثة ، مادة " إتران " ، جـ ١ ، ص ٩٤ مادة " إستقرار " جـ ٢ ، ص ٢٩٧ .

(95) OP . cit , p 140 .

بقولنا أن هناك قفزة سببية تحول دون التنبؤ بالنتيجة انطلاقاً من الشروط الابتدائية بمفردها، ومن ثم فالأسباب الصغيرة قد تكون لها نتائج كبيرة^(٩٦).



اللااستقرار : الانحرافات أو الأسباب الصغيرة تؤدي إلى نتائج كبيرة .

" شكل (ب) "

وأما الطفرات الكيفية فمن أمثلتها ما يعرف بالانتقال الطوري للمادة، أعنى تحول المادة من طور إلى آخر من أطوارها الثلاثة : الغازية والسائلة والصلبة.

وهو التحول الذى يتسم بطابعه الفجائى أو القفزى. فمثلاً عند تسخين الثلج تتغير حالته الحرارية تدريجياً حتى تصل إلى ما يسمى بنقطة الانتقال transition point -وهى فى مثالنا درجة الصفر الحرارى- حيث يبدأ الثلج فجأة فى التحول إلى ماء سائل له خواص فيزيائية مختلفة عن خواص الثلج^(٩٧).

ورغم أهمية هذه الاستثناءات، إلا أنها لم تكن لتتأل من مبدأ الاتصال، بل كانت تؤخذ عادة كعمليات ظاهرية تتطوى على اتصال سببى مستمر. وبعبارة أخرى، إذا كانت القفزات الكمية أو الكيفية تخلف ظاهرياً بتكردية uniqueness الرباط السببى أو خطيته linearity التى يستلزمها

(96) Ibid .

(٩٧) لانتاوا وآخرون : الفيزياء العامة، المجلد (٦٦) ، ص ٢٤٣ .

الاتصال، إلا أننا نستطيع النظر إليها كملتقى لمتسلسلات سببية مختلفة تستدعي تدخل القانون الإحصائي^(٩٨). وقد رأينا أن القانون الإحصائي ما هو إلا شكل تجريبي للقانون السببي، يُعبر عن قصور معرفتنا وأقيستنا إزاء تعدد الروابط الموضوعية بين الحوادث، وهو ما هذا يرسل إلى المصادر على إتصال البنية الزمكانية لحوادث الطبيعة.

١٣٥- والحق أنه ما كان لمشكلة السببية أن تُثار على هذا النحو الحاد الذي شهدناه منذ بداية القرن العشرين لولا إفتراض "ماكس بلاتك" لكم الفعل الإشعاعي (ف ١٠٨)، ثم إعتقاد "بوهر" و "هايزنبرج" بالإتصال كثفتة طبيعية مميزة للنظم الذرية^(٩٩). فأولى لتأتج هذا الفرض أو ذلك الإعتقاد أن أصبح الوصف الظاهري لحوادث الذرة مستحيلًا بمصطلحات الميكانيكا النيوتونية، أعنى فى ضوء الزمان والمكان المتصلان من وجهة النظر الكلاسيكية، فكان ذلك مُبرراً لنبذ مبدأ السببية، والإستعاضه عنه بعلاقة اللايقين التى تؤكد الصفة الاحتمية Interdeterministic لعالم الجسيمات دون المجهرية Submicroscopic^(١٠٠).

يُعبّر هايزنبرج عن ذلك فيقول: فى الصياغة الدقيقة لمبدأ السببية: (إذا عرفنا الحاضر بدقة، أمكننا حساب المستقبل). ولايُمكن الخطأ فى الجملة الثانية، وإنما فى الإفتراض الأول. فحقن لاتستطيع مبدئياً معرفة الحاضر بكل مواصفاته ... وبما أن الصفة الإحصائية لنظرية الكم ترتبط إرتباطاً وثيقاً بلا

(٩٨) د. محمد عبد اللطيف مطلب : الفلسفة والفيزياء، ص ١٢٢.

(٩٩) هايزنبرج : الجزء والكل ، ص ٩٥ .

(100) Negel, Ernest : Teleology revisited and other essays in the philo. and history of science, Columbia University Press, N. Y, 1979, P-22.

دقة جميع الإحصاسات، فقد يتوهم المرء أن وراء العالم الإحصائي المحسوس يخفى عالم حقيقي ينطبق فيه القانون السببي. لكن هذه التأملات تبدو عقيمة وخالية من المعنى. فالفيزياء يجب أن تقتصر على وصف رابطة الإحصاسات وصفاً شكلياً. ونستطيع أن نصور واقع الحال بشكل أفضل كما يلي: بما أن جميع التجارب تخضع لقوانين الكم، فقد ثبت بشكل قاطع بواسطة الميكانيكا الكمائية عدم صحة قانون السببية^(١٠١).

ويضرب "هايزنبرج" مثلاً توضيحياً لذلك بدراستنا لتحلل ذرة واحدة من ذرات الراديوم "ب" Radium B . فنحن نعرف أن هذه الذرة ستشع إلكترونات في وقت ما وفي اتجاه ما، لتتحول بذلك إلى ذرة راديوم "ت" Radium C . وفي "المعدل" يحدث ذلك بعد حوالي نصف ساعة، ولكن من الجائز أن يتم هذا التحول في ثوانٍ أو بعد أيام. وكلمة "معدل" هنا تعني - إذا كنا نلاحظ عدداً كبيراً من ذرات الراديوم "ب" - أن نصف الكمية الملاحظة سوف يتحول بعد نصف ساعة إلى راديوم "ت". ولكننا - وهذا تعبير عن قصور قانون السببية - لا نستطيع أن نعطي سبباً - إذا اعتبرنا ذرة واحدة من ذرات الراديوم "ب" - لكون الإلكترون قد انطلق في هذا الاتجاه وليس في اتجاه آخر. ولكون الذرة قد تحولت الآن وليس بعد أو قبل ذلك. كما أن هناك أسباباً كثيرة تدعونا للإعتقاد بأن مثل هذا "السبب" غير موجود على الإطلاق^(١٠٢).

ومن الواضح أن إستبعاد "هايزنبرج" للعلاقة السببية إنما يرجع إلى تحليله لها في إطار نمط بعينه، هو ذلك القائل بأن نفس السبب يؤدي إلى نفس النتيجة. هذا فضلاً عن نظريته المعرفية الخاصة المعروفة بتفسير "كوبنهاجن"،

(١٠١) د. محمد عبداللطيف مطلب : المرجع السابق ، ص ص ١١٥-١١٦ .

(١٠٢) هايزنبرج : الجزء والكل ، ص ١٤٨ .

والتي ينكر من خلالها إمكانية وصف العالم "أو أى جزء منه" دون أية إحالة إلى أنفسنا، كأن نقول مثلاً أن مدينة لندن موجودة سواء أدركناها أم لم ندركها. ففي البحث الكمائى لا بد لنا من أن نبدأ بتجزئة العالم إلى "ملاحظة" وإلى "نظام" يخضع لتلك الملاحظة. وكما نعرف فإن هذا النظام عادة ما يكون شيئاً غاية فى الصغر، تحكمه علاقة اللايقين: جسيماً ذرياً مثلاً أو مجموعة من مثل هذه الجسيمات. ولما كان هذا النظام متصلاً اتصالاً مباشراً بترتيبات التجربة، فإن معرفتنا تحمل أثر التعامل مع أداة القياس، مما يدخل قدرأ جديداً من اللايقين يتعلق بالتركيب الميكروسكوبى لهذه الأداة. وحيث أن أداة القياس ترتبط ببقية العالم، فإنها تضم فى الواقع كل "لايقين" متعلق بالتركيب الميكروسكوبى للعالم كله^(١٠٦).

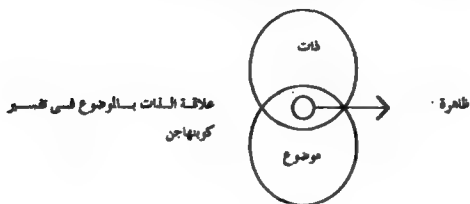
هذا من جهة، ومن جهة أخرى، فإن "الملاحظة" ذاتها تتغير بشكل متقطع غير متبذل. وموضع أى قطع يحكمه قرار نعطى من المجرى بوقف التجربة، ومن ثم فإن التمثيل الرياضى للملاحظة سيتخذ أيضاً شكل تغير متقطع هو ما يسمى "قفزة الكم"^(١٠٧).

وحتى إذ افترضنا أن العلاقة السببية قائمة على أحد جانبي أى قطع، فإن هذا الفرض لا يمكن أن ندعمه التجربة، لأن ما نستطيع ملاحظته هو شئ ما يقع بدقة فى منطقة التداخل بين الملاحظ وبين الآلات التى يلاحظ بها (شكل ج)، وكما ذكرنا فإن نشاط هذه المنطقة ليس محكوماً بقوانين سببية، وإنما بعلاقة اللايقين. وطالما أن النظام البحثى لا يوجد مستقلاً بذاته، وطالما أن قوانين الطبيعة ليست نماذج موضوعية، بل إن معناها يختلط بكيفية التحقق

(١٠٦) هايزنبرج: الفيزياء والفلسفة، ص ٢٧-٢٨.

(١٠٧) نفس المرجع، ص ٢٨.

منها، فإن التسبب الفيزيائي يمكن تحليله جانباً، بل إن "هايزنبرج" ليتنبأ بأن مبدأ السبق الزمني Antecedence ، وهو الدعامة الأولى للاتصال السببي، قد لا يمكن الإبقاء عليه في الخطوة التالية تجاه الاحتمية^(١٠٠).



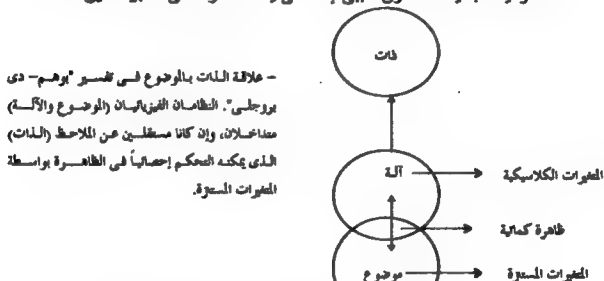
" شكل (ج) "

١٣٦- ورغم اتفاق هذا التفسير مع فرضيتنا القائلة بأن غياب الاتصال يعنى زوال التسبب، إلا أننا لا نستطيع المصادرة ببساطة على عدم تحقيق الاتصال في المجال دون الذري، ومن ثم إنتفاء العلاقة السببية بين الحوادث. وقد ذكرنا من قبل أن تفسير "كوبنهاجن" ليس تفسيراً نهائياً (ف١١٦)، بل إن له من المعارضين من لاقل حجتهم قوة عن حجة "بوه" و "هايزنبرج" تشير في هذا الصدد إلى ما يُعرف بتفسير "بوه" Bohm - دي بروجلي "لنظرية الكم، وهو تفسير مُضاد ينظر إلى الجسيمات الذرية بوصفها بنى "واقعية موضوعية"، تناظر النقاط الكتلية في ميكانيكا نيوتن، والموجات في نظرية المجال

(105) Bunge : Causality and modern science, PP 347-48.

لماكسويل، ونستطيع من خلاله أن نصل إلى نتائج تجريبية تتفق ونتائج تفسير كوبنهاجن^(١٠٦).

في هذا التفسير المضاد تقع ظواهر الكم القابلة للملاحظة، لا في منطقة التداخل بين الذات والموضوع، وإنما في منطقة التداخل بين الموضوع والآلة. أما نشاط الموضوع ذاته فيُمثَّل رياضياً بعدد من المتغيرات الجديدة تعرف بالمتغيرات المستترة hidden parameters، وهي ليست عرضة لعلاقة اللايقين (شكل ء). وهكذا تنفصل الذات عن الموضوع، وتخضع الحركات العشوائية للجسيمات لقانون سببي إحصائي يمنحنا قدرة على التنبؤ الدقيق^(١٠٧).



- علاقة الذات بالموضوع في تفسير "بوه-دي بروجي". النظامان الفيزيائيان (الموضوع والآلة) متداخلان، وإن كانا مستقلين عن الملاحظ (الذات) الذي يمكنه التحكم إحصائياً في الظاهرة بواسطة المتغيرات المستترة.

شكل ء*
ومن الطبيعي أن يُعلَّخ "بوه" و "هايزنبرج" هذا التفسير^(١٠٨). ولكنه مع ذلك اجتذب عدداً كبيراً من العلماء، منهم من نظر إليه كتفسير بديل متكامل ومنهم من اعتبره مجرد خطوة على طريق فض الاشتباك بين الذات

(106) Ibid , p . 348.

(107) Ibid ,pp 348-49.

(١٠٨) أنظر هايزنبرج : الفيزياء والفلسفة ، ص ٩٢-٩٤.

والموضوع. فهذا "ماكس بلانك" مثلاً - وهو الباحث الأول لفكرة الكم - يؤكد بوضوح أن "نظرية الكم سوف تجد تمثيلها الدقيق في بعض المعادلات التي سوف تكون صياغة أكثر دقة لقانون السببية" (١٠٩).

أما "آينشتين"، فرغم ما أحدثه من تطوير في بنية الفيزياء النظرية، إلا أنه ظل معتقداً بالتحقق الموضوعي للإتصال والسببية، وهو إعتقاد يدعمه إيمان مطلق بوجود إله قادر يحكم العالم بقوانين أشد صرامة مما قد نظن ، أو كما قال:

"لا يصدق بعض علماء الفيزياء - وأنا واحد منهم - أننا يجب أن نتخلى فعلاً وإلى الأبد عن فكرة التمثيل المباشر الحقيقة الفيزيائية في الزمان والمكان. أو أننا يجب أن نقبل الرأي القائل بأن الحوادث في الطبيعة تشبه لعبة الحظ. كل منا حر في أن يختار قبلته. وكل منا قد يستمد راحة نفسه من قول "لنسج" - إن البحث عن الصدق أئمن من إمتلكه" (١١٠).

تخمين:

١٣٧- هناك ما يفرقنا بأن نواصل البحث في مشكلة السببية، فما زالت أبعادها متعددة، لولا أننا إرتبطنا منذ البداية بفرض بعينه، أردنا التحقق منه، ألا وهو القائل بإرتباط السببية بالإتصال، أعنى قيامها بقيامه وزوالها بزواله.

(١٠٩) د. محمود فهمي زيان : من نظريات العلم المعاصر ، ص ١٠٣.

* "إبراهيم لنسج" E. G. Lessing (١٧٦٢-١٧٨١): فيلسوف ونالده في الماني، وأحد مفكرى التنوير. عمل على تطوير ألمانيا في الإتجاه الديموقراطى، ودعا إلى مجتمع يسود فيه العقل المستير والفكر الحر، وينطق منه القهر.

(١١٠) آينشتين : أفكار وآراء، ص ١٠٩.

وقد تبين لنا مدى تحقق هذا الفرض من خلال أكثر من مذهب فلسفى ونظرية علمية. فما أثبت الترابط السببى عالم أو فيلسوف إلا وكان لديه إعتقاد مسبق بإتصال الحوادث فى الطبيعة، وما شكك فى موضوعية العلاقة السببية عالم أو فيلسوف إلا وكانت حجته إتفصال الحوادث. كل برويته الفلسفية ومنهجه العلمى.

وقد لايجد هذا الفرض قبولاً مطلقاً لدى البعض⁽¹¹¹⁾، زعماً منهم بأن القول بضرورة الاتصال السببى من شأنه أن يقلص مدى شرعية مبدأ السببية، فالإتصال ذاته كمبدأ علمى لا يخلو من إستثناءات كمية أو كيفية. الأمر الذى يعنى إنكار المبدأ السببى حيثما غاب الإتصال عن أعين العلماء. لكن هذا الزعم فى الحقيقة يخل بالطابع التفسيرى للعلاقة السببية، فضلاً عن أنه يصادر عليها بطريقة تصفية، تدفعنا إما إلى قبول "التأثير عن بُعد"، وهى مقوله تجاوزها العلم منذ زمن طويل تحقيقاً لمطالب العقل، أو إلى تجنب الخوض فى إشكالات علمية ما زالت قائمة، وهو ما يعنى تقليص مدى الروى الفلسفية التى أصبحت سمة أساسية من سمات العلماء أنفسهم.

والحق أن الأصل لمشكلة السببية كما تبدى لنا خلال هذا الفصل، إنما يرجع إلى غموض فى طرح المشكلة ذاتها. فالبعض - وهم أصحاب المذهب العقلانى - يبحثون عن السببية فى ثنايا تصورات العقل الخالص، بينما يبحث البعض الآخر - وهم أصحاب المذهب التجريبى - عن الشروط التطبيقية لتصوير عقلى مبعثه التأمل. وهكذا إتسعت الفجوة بين التصور وتطبيق التصور، أو بين مطالب العقل وتسجيلات الحواس. ولا سبيل إلى ملء تلك

(111) See Bunge: OP- Cit, PP 146-47. also McCall, S.: A model of the universe, Clarendon Press, Oxford, 1994, P-52.

الفجوة بقرارٍ علمي حاسم، فمازلنا كما قال "نيوتن" مثل أطفال يلعبون بالحصى على شاطئ البحر. وربما نزلنا مؤخراً إلى البحر قليلاً، وربما وصل الماء إلى رسغ القدم، لكن محيط الحقيقة الهائل مازال ممتداً أمام أعيننا دون إكتشاف.

لم يبق أماننا إذن إلا أن نصادر -كما فعل "رسل" - على مبادئ بعينها من البحث العلمى، أملاً فى الوصول إلى دعم تجريبي لها فى المستقبل. وإلا فلنرفض دون مضمض نظريات علمية هائلة كمجالات "ماكسويل" ونسبية "آينشتاين" طالما كانت فى جوهرها فروضاً عقلية.

أخيراً نتوجه بسؤال محدد إلى دعاة الاحتمية : كيف تتأدون بسقوط الحتمية وأنتم تتخذون منها منهجاً لدعم هذا النداء؟. وبعبارة أخرى: كيف تستبعدون "الحتمية" كنتيجة "حتمية" لتحليلاتكم ؟. أفلا يعنى ذلك "حتمية" العلاقة السببية وعقلانياتها التى تزعمون إستبعادها؟. أفلا يعنى أنها مبدأ عقلى راسخ لا يمكن الفكاك منه؟.

ربما كان هذا التساؤل مدخلاً طيباً لفصلٍ أخير، نعرض من خلاله للعلاقة الجدلية بين العقل والواقع: بين الاتصال كمبدأ رياضى عقلى يستتبع عدداً من المبادئ ، وبين إمكانيات وجوده التجريبية.

العمل الخالص

الاتصال الرياضي والخبرة

تمهيد

١٣٨- تودى بنا مشكلة السببية، وإختلاف النزعتين العقلانية والتجريبية حول إتصال التسبيب، إلى مشكلة أخرى قديمة، كنا قد أشرنا إليها بإيجاز فى نهاية كل من الفصل الأول والثانى (ف٤١، ٧٧). وتلك هى مشكلة العلاقة بين البنى الرياضية والتجربة. أو على نحو أكثر تحديداً بين التصور الرياضى للاتصال، الذى جاء ثمرة لنشاط العقل الخالص دون أية إحالة إلى التجربة، وبين خبراتنا بالمتصلات الفيزيائية كالزمان والمكان والحركة.

تتطوى هذه المشكلة على تساؤلات ثلاثة مترابطة، يمكن أن نطرحها على الوجه التالى:

أ- إذا كانت البنى الرياضية حقائق تجريدية، تتسم بمطابقتها للصدق، دون أن تخضع للتكذيب التجريبي، فهل يعنى ذلك أن لها وجودا مستقلا عن العالمين العقلى والفيزيائى ؟. وما نوع الوجود الذى يمكن أن ننسبه إلى هذه البنى المجردة: هل نقول أنها كائنات مثالية مفارقة بالمعنى الواقعى الأفلاطونى؟. وماذا يحدث لخبرتنا من إختلاف إذا أكدنا وجود هذه الكائنات عما إذا أنكرنا وجودها ؟.

ب- كيف نصل إلى الكشف الرياضى بكل ما يتسم به من دقة ووضوح؟. هل مصدره الخبرة بما تبيحه من إستقراء لوقائع العالم العينى؟. أم المنطق الذى يتيح لنا إرتقاء 'سلم التجريد بما 'يقدمة من قواعد للإستدلال الصورى الصحيح؟. أم أن هذا الكشف يعتمد بالدرجة الأولى على نوع من القفزات الحدسية المباشرة كتلك التى يتمتع بها الفنان أو الشاعر ؟.

ج - كيف تكون الرياضيات وهي "تلم المجرّد والمستقل تماماً عن معطيات التجربة ، منقّته مع الواقع الفعلي؟. وهل هناك إرتباط مباشر ، يتجاوز الإنسان، بين البنى الرياضية المجردة وجزئيات العالم المحسوس ؟.

ورغم قديم هذه التساؤلات وإهتمامها المباشر إلى "أفلاطون"، إلا أنها لازالت تمثل 'بُعداً هاماً من أبعاد التفكير في عالمنا المعاصر. ومع تنوع الإجابات بتنوع المذاهب الفلسفية وإتجاهاتها الأنطولوجية والإستمولوجية ، نتقدم إجابة "أفلاطون" لتفرض نفسها بقوة بين عدد كبير من الفلاسفة وعلماء الرياضيات. وحيث أننا نميل إلى الأخذ بهذه الإجابة الممثلة لمضمون النظرية الواقعية في إحدى صورها، فمن الطبيعي أن نعمد إلى تفصيلها، وأن نتلمس إمتداداتها في الفكر الحديث والمعاصر.

هنا ندلف إذن إلى المشكلة من خلال تناولها الأول.

أولاً : وجود الكائنات الرياضية المجرّدة .

١٣٩- يندرج البحث في وجود الكائنات الرياضية المجرّدة تحت مشكلة فلسفية شهيرة، زاعت خلال العصور الوسطى المسيحية، حيث كان وجود الحدود العامة أو الكليات universals مثار مناقشة حادة بين نزعات ثلاث، وهي : التصورية conceptualism ، والإسمية nominalism ، والواقعية realism . وبينما قالت التصورية بأن الكليات لا توجد إلا في الذهن^(١)، نجد الإسمية وقد جعلتها مجرد رموز وأسماء تدل على عددٍ غير محدود من الأسماء^(٢).

(١) المعجم الفلسفي ، مادة " تصورية " ، ص ٤٥ .

(٢) نفس المرجع ، مادة " إسمية " ، ص ١٤ .

أما الواقعية فقد أكدت على الوجود المستقل للمعاني والكليات عن كل من الذهن العارف بها، وعالم الجزئيات المدرك بالحواس^(٣). وإنطلاقاً من هذا التمييز، يمكن تعريف الواقعية بأنها نظرية تجعل للحدود العامة أو المجردة، أو الكليات، وجوداً واقعياً يضارع، بل ويرقى أحياناً على وجود الجزئيات الفيزيائية الفعلية. فالكليات وفقاً لهذه النظرية، سابقة في وجودها على الأشياء، تلك التي تسعى إلى التمثل بها كنماذج تنقسم بالكمال^(٤). وبهذا المعنى تكون الواقعية مرادفة لما دعاه "هيجل" Hegel (١٧٧٠ - ١٨٣١) بالمثالية الموضوعية "Objective idealism"، تمييزاً

(3) Runes (ed) : Dict. of philo., Iten: Realism, P. 280 .

(4) Ibid

"إنطلقت " الواقعية " عبر تاريخها أشكالاً متعددة ، يمكن أن نحصرها - إلى جانب المثالية الموضوعية التي إنطلقت من الملاطون - في نظريتين متمايزتين، وهى الواقعية المباشرة Direct Realism، والواقعية غير المباشرة Indirect Realism . تقوم النظرية الأولى على أن عملية الإدراك هى وعى مباشر بالأشياء أو الجزئيات المادية المسقطه بذاتها فى الوجود . بينما تقول النظرية الثانية بأن الإدراك هو فى اهل الأول إدراك للصور التى تتكون فى العقل وتمثل موضوعات العالم الخارجى. ولذا تسمى بالواقعية الثنائية Dualist Realism ، لأنها تقول بوجود الأشياء فى الواقع ولصورها فى الذهن. ونستطيع أن نمضى إلى ما هو أبعد من ذلك فنقسم النظرية الأولى إلى نظريات فرعية، منها مثلاً "الواقعية الساذجة" Naive Realism ، وهى أبسط أشكال الواقعية المباشرة، ويُفسر بها بعض الفلاسفة وجهة نظر الإنسان البسيط حيال الأشياء، إذ يعتقد أن ما يحسه من خصائص تلك الأشياء هو حقيقتها. ومنها أيضاً " الواقعية الجديدة " - Neo Realism التى تمحس لها الفيلسوف الإنجليزى "جورج إدوارد مور" Moore (١٨٧٣- ١٩٥٨)، وتلعب إلى أن الشئ فى حقيقته هو جماع ما يبدو به للناس. أما الواقعية غير المباشرة، فمن أهم أشكالها ما تُعرف "بالواقعية النقدية" Critical Realism ، وهى تركة مثالية =

لمذهبه ومذهب "أفلاطون" عما وصفه بالمثالية الذاتية Subjective idealism لكل من "باركلي" و "كانط"^(٥).

١٤٠- وبينما كانت الواقعية مضمرة في الديانة المصرية القديمة، التي ميز أصحابها من خلال التأليّة deification بين الحقائق الأرضية والحقائق الجزئية، وبينما كانت لها إرهابات واضحة في الفلسفة الأيونية، إلا أن "أفلاطون" كان أول من عبّر عنها صراحة بنظريته عن الأفكار Ideas أو الصور Forms^(٦).

فمن خلال تلك النظرية يُصرّح "أفلاطون" بوجود عالم مفارق من الأفكار له طابع إلهي، تقطنه تصورات وماهيات كاملة وصادقة وثابتة Immutable . وتتسم وقائع هذا العالم بأنها حقائق مجاوزة للإدراك والفهم الإنساني بوسائله العادية، وأنها مستقلة بذاتها سواء إكتشفنا وجودها أو لم نكتشفه، بالإضافة إلى أن إكتشاف هذه الوقائع لايزيدها قيمة، كما لاينقص من قدرها عدم إكتشافها^(٧).

= تحيل صفات الأشياء إلى محسّيات عقلية أولية تتركب منها الموضوعات الخارجة في الإدراك لحظة إدراكها، ويمكن أن نسميها مع "هيجل" بالمثالية الذاتية.
أنظر د. عبدانعم الحفني: الموسوعة الفلسفية، مادة "القيمة"، ص ٥٢٢.

Al
Realism, P-225.

87 & item: Neo-

(٥) كولنجوود : فكرة الطيبة ، ص ١٤٦.

Also Dubrovsky, David :The problem of the ideal, Trans-form the Russian by Valdimir Stankevish, Progress Publishers, Moscow, 1983, PP21-22, P-236.9

(6) Runes, OP-Cit, P-280.

(٧) د. محمد محمد قاسم : جوتلوب فريجه ، ص ٩٨.

بعبارة أخرى، هذا العالم المعقول واللازمكاني Non-spatiotemporal وفقاً لأفلاطون^(٨) واقعى تماماً بالمعنى الصحيح للكلمة. فليست "الخيرية" أو "الدائرية" Circularity أو "المساواة" Equality ، مجرد أفكار فى عقولنا، أو أنها تصورات من خلق عقولنا، ولكنها مستقلة عن الفكر الإنسانى الذى يدرسها إستقلالاً مُمَثِّلاً للأرض والنجوم والأشياء الأخرى التى يتألف منها العالم الطبيعى^(٩) .

من جهة أخرى يربط أفلاطون بين الجانبين الأنطولوجى والإبستمولوجى للواقعية، فالمعرفة الحقيقية التى ندرك بها وجود هذه الكائنات المفارقة، لابد وأن تكون معرفة لازمانية Timeless ، لاتقبل الدحض أو التفتيد، وهذا هو مستوى المعرفة العلمية. أما معرفتنا بالأشياء المادية فمعرفة ظنية، إذ ليست الأشياء إلا مجرد ظلال أو أشباح متغيرة للماهيات أو المثل الأزلية الثابتة^(١٠). وهذا فالبنى الرياضية كالدوائر والمثلثات والعلاقات، ومنها مبدأ الاتصال، موجودات واقعية خالية من الخداع، بينما نظائرها فى عالم الأشياء ليست كذلك. فالدائرة الرياضية مثلاً حقيقية بصفة مطلقة، بينما لا يُعد كذلك الصحن أو الكأس، لأن صانع الخزف يعجز عن صنعه كامل الإستدارة، فهذه أشياء تتدح العين وتقعها إلى الظن بأنها كاملة الإستدارة^(١١).

(8) See: Carr, B.: Metaphysics, OP-CIt, P-56.

(٩) كولنجود : فكرة الطبيعة ، ص ٦٥ .

(10) Robert, J. A. : "Data, instrument, and theory", A dialectical approach to understanding science, Princeton University Press, N. Y, 1985, PP. 3-4.

(١١) كولنجود : المرجع السابق، ص ٦٥ .

هنا تبرز أمامنا مشكلة : إن كان عالم الأفكار خارجاً عن نطاق الزمان والمكان، فمن أين إذن بُعث الزمان والمكان وأصبحت صفتين لعالم الطبيعة؟. ألا يستلزم ذلك وجود صورة أو "مثل أعلى" لهما في عالم "المثل"؟. تتسم معالجة "أفلاطون" لهذه المشكلة ببعض الغموض، فالمكان عنده لا يطابق شيئاً من العالم المعقول، إنه الشيء الذي صُنعت منه الصورة المنقولة. فهو شبيه بالطين الذي يستخدمه الممثل، أو الورقة التي يستعملها الرسام. فلا فرق بينه وبين المادة الخام التي تُصنع منها الأشياء لتتأطر صوراً في عالم المثل. أما الزمان فهو صورة متحركة للأبدية. ولا نفهم الأبدية هنا بمعنى غيبية الزمان فحسب، ولكن بمعنى حالة من الوجود لا تتضمن أى تغيير أو حدوث شئ ينقضى، لأنها تحتوى كل شئ ضرورى لها فى فى كل " أن " من وجودها^(١٢).

نستطيع تجاوز هذا الغموض إذا أدركنا أن الزمان والمكان ليسا مجرد أشياء فيزيائية، ولكنها فى الحقيقة يمثلان علاقات رياضية تربط بين أشياء، كان نقول مثلاً أن الزمان متصل أحادى البعد من الأعداد الحقيقية، وأن المكان متصل ثلاثى الأبعاد، أو أنهما معاً - بلغة النسبية - متصل رباعى الأبعاد، فالمتصل هنا مجرد " علاقة " نفترض وجودها كدعامة للأشياء. وقد علمنا بوجود الأعداد والعلاقات ككائنات رياضية تقطن عالم المثل.

١٤١- ولعل أبرز تعديل تعرضت له واقعية " أفلاطون " فى عصر الفلسفة اليونانية هو ذلك التعديل الأرسطى، حيث جعل " أرسطو " من الصورة كياناً ملازماً للشيء ومتحققاً به، وإن كان توقعه ذهنياً خالصاً^(١٣).

(١٢) نفس المرجع ، ص ٨٦-٨٧.

(13) Runes, OP. Cit, item : " Platonism " , P.253

ولا تخرج واقعية العصور الوسطى المسيحية عن هذين الوجهين من الواقعية: الأفلاطوني والأرسطي. فلقد آمن القديس "أوغسطين"، متبعاً في ذلك "أفلاطون"، بوجود حقائق أزلية مستقلة وثابتة، يستكشفها العقل ولا يؤلفها، منها القوانين المنطقية والقضايا الرياضية، ومنها أيضاً الحقائق الفلسفية والخلقية^(١٤).

أما القديس "توما الإكويني" St. T. Aquinas (١٢٢٥-١٢٧٤) فقد تبنى وجهة نظر "أرسطو" القائلة بتعلق الصورة بالمادة وتجريدها بالعقل^(١٥). ورغم تحول النظرة العلمية في العصر الحديث، وإهتمام علماء الطبيعة بالكلم التجريبي دون الكيف العقلي، إلا أننا نلمح بوضوح إتجاهاً واقعياً أفلاطونياً لدى معظم فلاسفة تلك الحقبة. فمن جانبه لم يتردد "باسكال" Pascal (١٦٢٣-١٦٦٢) في القول بأن الكائنات الرياضية، كالمثلث مثلاً، تتمتع بوجود مستقل كوجود هذا الحجر، لأن فكرة المثلث تصدم فكرة بنفس القوة التي يصدم بها الحجر جسمه^(١٦). وقد تابعه في ذلك "مالبرانش" Malebranche (١٦٣٨-١٧١٥) فكتب قائلاً: "إذا فكرت في الدائرة أو العدد، في الوجود أو اللامتناهي، أو هذا الشيء المنتهي المعين، فإني أفكر في أشياء واقعية، لأنه لو كانت الدائرة التي أفكر فيها غير موجودة، فإني إذ

(١٤) يوسف كرم: تاريخ الفلسفة الأوروبية في العصر الوسيط، دار القلم، بيروت، بدون تاريخ، ص ٢٧-٢٩.

(١٥) نفس المرجع، ص ١٨١.

(١٦) د. محمد عابد الجابري: تطور الفكر الرياضي والعقلانية المعاصرة، ص ١٣٢.

أفكر فيها أكون أفكر فى لاشئ ... وإذا كانت أفكارنا أزلية أبدية، ثابتة وضرورية، فلا بد وأن تكون موجودة فى طبيعة ثابتة كذلك^(١٧).

أما "ليبنتز" فقد فرق بوضوح بين "الحقائق الأزلية" Eeternal truths و "الحقائق العرضية"، مؤكداً استقلال الأولى عن الثانية وصدقها بغض النظر عن تحققها فى عالم الأشياء التجريبية. فحقائق الحساب الخالص مثلاً تبقى ثابتة وصادقة حتى لو لم يكن هناك شئ يمكن أن يُعد ، وحتى لو لم يكن هناك من يعرف كيف يعد^(١٨).

وينفس المعنى تحدث "بولزانو" عن واقع Realm * القضايا والحقائق فى ذاتها Propositions and Truths in themselves، حيث اعتقد بوجود مستقل للكائنات الرياضية عن ذلك الواقع الزماني Temporal reality المتمثل فى وجود المحتويات النفسية Psychical contents - أو عمليات التفكير - والمحتويات الفيزيائية العينية Concrete physical contents^(١٩).

ولو تطرقنا إلى مذهب "هيجل" ، لوجدنا نسقاً من التصورات المنطقية، يُشبه عالم الصور الأفلاطونى من حيث لاماديته ومعقوليته الصرفة، ومشابهته للكائن العضوى فى تركيبه، ومن حيث التسليم بأنه أساس كل وجود

(١٧) نفس المرجع.

(18) Cassirer, E. : Substance and Function, OP-Cit, P-312.

* تأملت الدكتور "محمد قاسم" فى ترجمته لكلمة Realm بكلمة "واقع" التى توازى القصد الحقيقى للكلمة الإنجليزية لدى مستخدمها ، ألا وهو القول بواقعية الكائنات الرياضية وإسقاطها تماماً من عالم العقل والفيزياء.

أنظر : د. محمد قاسم: كارل بوبر ، ص ٣٥٧.

(19) Loc-Cit.

مادى وعقلى. لكن ثمة إختلاف بين نظرية "هيجل" ونظرية "أفلاطون"، فبينما كان عالم الصور (المثل) عند أفلاطون ثابتاً خالياً من التغير والضرورة، كان عالم "هيجل" غارقاً فى التغير. فهو عالم دينامى يتغير وجوده باستمرار فى ضرورة، ويؤدى كل تصور فيه -إعتماداً على الضرورة المنطقية - إلى تصور لاحق^(٢٠).

ويمثل عالم الصور هذا الذى يتميز بديناميته والذى وصفه "هيجل" فى جملته بإسم "الفكرة"، المصدر المباشر للطبيعة، أو خالقها المباشر. كما أنه يمثل مصدراً لامباشراً للعقل من خلال الطبيعة. وهكذا رفض "هيجل" كما ذكرنا مذهب كل من "باركلى" و "كانط"، أو ما أسماه بالمثالية الذاتية، تلك التى اعتقدت بأن العقل مسلمة سابقة للطبيعة، أو اعتقدت فى قيامه بخلقها^(٢١). وقبل أن يصل القرن التاسع عشر إلى نهايته، وجد هذا الإتجاه الأفلاطونى دعماً جديداً من قبل الفيلسوف النمساوى "الكس مينونج" A. Meinong (١٨٥٣-١٩٢٠)، وذلك بنظريته فى "المحتويات المبنية" Founded contents، التى فصل من خلالها مراتب الوجود الواقعى للموضوعات المختلفة، فبالإضافة إلى الإحساسات البسيطة وكيفيات الحواس المختلفة، هناك بناء من الموضوعات الأعلى ترتبياً higher Objects of order، قوامه المعانى والعلاقات الخاصة أو ما دعاه "مينونج" بالموضوعات الميتافينومينولوجية Metaphenomenal، كالتساوى والإختلاف والكثرة والوحدة. هذه الموضوعات تعتقد بوجودها دون ارتباط بتحققها فى الواقع النفسى أو الفيزيائى المحدود بالزمان والمكان. فالرباعية

(٢٠) كولنجوود: فكرة الطبيعة، ص ١٤٥.

(٢١) نفس المرجع، ص ١٤٦.

Fourness مثلاً كعلاقة كلية تنقسم بوجودها المستقل، بغض النظر عن التفكير فيها، وبغض النظر عن رباعيات الأشياء فى الواقع المادى^(٢٢).

كذلك سلب الفيلسوف والرياضى الألمانى "جوتلوب فريجه"، الذى كان معاصراً لمينونج، بواقعية عالم الأفكار وموضوعيته إلى جانب العالمين النفسى والفيزيائى ويمكن إعتبار مقالته فى "الأفكار" Thoughts (١٩١٨) بمثابة حلقة الوصل بين قداماء رأوا فى القول بوجود واقعى للكليات نصيراً لثبات الأفكار وموضوعيتها، ومعاصرين نادوا بذلك فى ضوء نتائج العلم المعاصر^(٢٣).

ويكفى أن نشير من بين المعاصرين إلى الفيلسوف "كارل بوبر" Popper (١٩٠٢-١٩٩٤) الذى حدثنا عن ثلاثة عوالم متميزة من الناحية الأنطولوجية: الأول عالم فيزيائى، يشمل الأشياء المادية العضوية وغير العضوية. والثانى عالم الخبرات الشعورية الذى يضم الخبرات الحسية وأفكارنا وخيالنا وذكرياتنا. والثالث عالم المعرفة الموضوعية، وهو عالم موضوعات الفكر والنظريات فى ذاتها وعلاقاتها المنطقية^(٢٤).

١٤٢- مما تقدم نلاحظ أنه كان هناك إعتقاد بوجود عالم خاص بالكليات، يرقى بمحتوياته فوق عالمى المحتويات النفسية والفيزيائية. فـالأفكار والمجموعات Ensembles، والقضايا والعلاقات، واللزومات Implications ... الخ واقعية خافية، نعانى حقيقتها من حين إلى آخر. وليس هذا العالم نتاجاً خالصاً للعقل، بل موضوعاً له. فكما يتلمس الفلكى والفيزيائى

(22) Cassirer, OP-Cit, PP 338-39.

(٢٣) د. محمد محمد قاسم: جوتلوب فريجه، ص ٩٩.

(٢٤) د. محمد محمد قاسم: كارل بوبر، ص ٢٩٩-٣٠٠.

والجيولوجى وفنائه فى عالم اللحم، فكذلك عقل الرياضى، يرتاد عالم الكليات، مُستكشفاً الآفاق والأعماق، ومستخرجاً الأفكار كما تستخرج الأحجار من محجرها^(٢٥).

ولا شك أن إقبال هذا الجمع من الفلاسفة وعلماء الرياضيات على القول بعالم للأفكار مستقل لم يأت من فراغ، وإنما كان له ما يبرره من ضرورات واقعية ومنطقية، تشير ببساطة إلى تعثر الإنسان وسط حقائق لا قبل له بها من حيث الخلق والإبداع، بل إن دوره تجاهها ليتوقف عند حدود الكشف ومحاولة الفهم والتفسير^(٢٦).

حقاً لقد إنتهج البعض الآخر سبلاً أخرى فذهبوا إلى أن البناءات الرياضية هى محض عمليات ذهنية، قد تطابق الواقع وقد لا تطابقه، أو هى بعبارة أخرى، مجرد رموز نختلقها إختلاقاً، وقد يتصادف أن تجد لها تحقيقاً فى عالم الخبرة^(٢٧)، لكن هذا النهج المُلح على قدرة العقل على الخلق الرياضى تعترضه تساؤلات أشد إلحاحاً : فماذا عن القوانين والنظريات العلمية؟.

هل هى مجرد بناءات رياضية من خلق العقل ؟ . أفلا يعنى ذلك أننا نخلق الطبيعة؟ وهل كانت الكواكب ثابتة فى مداراتها حتى جاء " كيبلر " فحركها ؟ أم هل كان متصل الزمان - مكان غائباً عن الوجود حتى قام " آينشتين " بخلقه ؟.

(25) Cassirer, OP-Cit, P-313.

(٢٦) د . محمد محمد قاسم : جوتلوب فريجه، ص ١٠٧.

(٢٧) أنظر: د. محمد عابد الجابري: تطور الفكر الرياضى، ص ١٣٣. وما بعدها.

يبدو إذن أنه لامناص من التسليم بوجود الكائنات الرياضية ، وإستقلالها عن العقل الإنساني الذي تقتصر إنجازاته على كشفها ، وهو ما يقودنا إلى البُعد الثانی لمشكلتنا، أعنى التساؤل عن وسيلة الكشف الرياضى.

ثانياً: بنية الكشف الرياضى:

١٤٣- كيف نصل إلى الكشف الرياضى؟. وهل تلعب الخبرة أو التجربة دوراً فى هذا الكشف؟. أم أن الأمر يتعلق بنشاط عقلى خالص؟. وإذا كان الكشف الرياضى ثمرة لنشاط العقل، فهل يعتمد بالدرجة الأولى على الإستدلال المنطقى، أم أنه مجرد معرفة حدسية مباشرة؟.

ترتبط الإجابة عن هذه التساؤلات بمناقشتنا السابقة لوجود الكائنات الرياضية المجردة. فإذا كنا نعلم بوجود موضوعى ومستقل لتلك الكائنات، فمن الطبيعى أن نستبعد إجابة النزعة التجريبية، القائلة بأن القضايا الرياضية، وكل الأفكار المجردة ما هى إلا تعميمات تجريبية، تعود إلى مصدرٍ وحيد هو الخبرة الحسية. أما إذا حصرنا أنفسنا فى نطاق العقل، فمن الضرورى أن نفرق بين كون الكائنات الرياضية إكتشافاً عقلياً مباشراً، لا يدخل بواقعيتها المستقلة، وبين كونها خلقاً حراً للعقل، ولا وجود لها خارجه.

على أن إستبعادنا للنزعة التجريبية لايعنى فى الحقيقة إنكار الدور الذى تلعبه الحواس فى الكشف الرياضى، فالكليات كما ذكرنا ما هى إلا حدود عامة، تطابق حدوداً جزئياً فى العالم المادى، ومن ثم فالخبرة الحسية ضرورية لبعث النشاط العقلى وتحويله من النظر فى الجزئيات إلى إكتساب المعرفة بالكليات. هذا من جهة، ومن جهة أخرى لايعنى قولنا بواقعية الكائنات الرياضية وإستقلالها إعتبار العقل مجرد متلقٍ سلبى لها، فللعقل

الإنسانى نشاطاته وفعالياته السابقة لأى كشف رياضى، وإن كان هذا الكشف يستلزم فى النهاية ما ندعوه بالتقفرات الحدسية المباشرة. وحتى لاتصدار على النتيجة دون مقدمات، فسنعرض بإيجاز للإجابات المختلفة فى ضوء نتائج العلم المعاصر.

أ- النزعة التجريبية Empiricism :

١٤٤- تنطلق النزعة التجريبية فى كافة أشكالها من مبدأ أساسى، يؤكد أن كل ما لدينا من

معارف مكتسب وليس فطرياً أو قلوبياً، فالمعرفة تنشأ عن التجربة وتكتسب قيمتها ومضمونها بقدر إتصالها بالواقع التجريبى المحسوس فقط^(٢٨).

وتقوم التجريبية فى شكلها المادى على فكرة أن العالم الخارجى هو أصل التجربة الحسية. وهذا ماعبر عنه "يكون" (ف ١٢١) ، و "لوك" (ف ١٢٢) وممثلوا المادية الفرنسية فى القرن الثامن عشر. لكن هذا الوجه المادى للتجريبية عارضه تاريخياً وجه آخر يمكن أن ندعوه بالذاتية، حيث قدم "الوضعيون" بالرجوع إلى "باركلى" و "هيوم" أشكالاً مختلفة لمفهوم ذاتى للخبرة ، وإتخذوه أساساً لمواقفهم المعرفية^(٢٩). من ذلك مثلاً ما ذهب إليه الفيلسوف النمساوى "إرنست ماخ" E. Mach (١٨٣٨-١٩١٦) من أن الأشياء هى مجموعة من الإحساسات الذاتية تكتسب قيمتها من إتفاق الذوات بشأنها^(٣٠). ومن ثم فليست القوانين الفيزيائية سوى تأليفات من الأفكار لها

(٢٨) د. محمد قاسم : كارل بوبر، ص ٢٦٤.

(٢٩) د. محمد عبداللطيف مطلب : الفلسفة والقيضاء، ص ١٤٢.

(٣٠) د. عبدالنجم الحفنى : الموسوعة الفلسفية ، مادة "ماخ" ، ص ٤٠٦.

علاقة مباشرة بالخبرة والملاحظة^(٣١). ولقد أشرنا إلى بعض أشكال النزعة التجريبية في معرض تناولنا لمشكلة السببية، ورأينا أنها جميعاً لا تستقيم دون لجوء إلى العقل. أما الآن فيستوقفنا تحليل الفيلسوف الإنجليزي "جون ستوارت مل" (١٨٠٦-١٨٧٣) للمعرفة الرياضية، وتفسيره لماهية الاتصال، وهو تفسير ينطلق فيه من دعوى المذهب الحسي القائلة بأن الخبرة أو التجربة هي المصدر الوحيد لكافة معارفنا.

لا يختلف "مل" عن دعاة النزعة التجريبية في شكلها الذاتى، إذ يرد المعرفة، سواء أكانت عينية أو مجردة، إلى أساس نفسى أو سيكولوجى تحكمه قوانين التداعى. ومن ثم فليس العقل سوى "ذلك الشئ الذى يشعر"^(٣٢) أو هو "ذلك الشئ المؤلف من سلسلة المشاعر النفسية المترابطة بفعل التداعى"^(٣٣).

وإنطلاقاً من هذه النظرة، يرفض "مل" وجود الماهيات أو المعانى الكلية المجردة بما فى ذلك المبادئ الرياضية التى يعزوها إلى الملاحظة الحسية، شأنها شأن مبادئ العلم الطبيعى. فالقضايا الحسابية مثلاً هى فى حقيقتها علاقات شبيهة محسوسة فى العالم المادى المحيط بنا، وهى ككل العلاقات المدركة بالحواس عرضية Accidental ومتغيرة Variable، وبالتالي فليس من المستبعد أن يكلم الإنسان فى كون آخر - تختلف فيه الأشياء عما هى عليه

(٣١) د. محمد قاسم : المرجع السابق، ص ٢٦٩.

(٣٢) د. عبدالحق النبدى: الفلسفة المنطقية عند جون ستوارت مل (الهيئة المصرية العامة

للكتاب، القاهرة، ١٩٨٥)، ص ٢٦٩.

(٣٣) نفس المرجع، ص ٤٦.

فى كوننا - بهندسة أخرى، أو بحساب آخر، يكون بمقتضاه حاصل ضرب 2×2 مساوياً لخمسة وليس لأربعة^(٣٤).

ويؤكد "مل" أن الحقيقة العامة ليست فى نهاية الأمر سوى مجموعة من الحقائق الجزئية، فالاستدلال الواقعى يتم دائماً من جزئيات إلى جزئيات ... من أمثله ملحوظة إلى أخرى غير ملحوظة^(٣٥). وهذا ما يفسر ديمومة الأشياء وإتصالها، أو ما يدعوه "مل" بالإمكان المتصل للإحساسات. فإذا رأى أحدهم ورقة بيضاء على منضدة، وإتصرف إلى غرفة أخرى بعيدة، إختفت الإحساسات، ولكن بقيت مع ذلك إمكاناتها، بدليل عودة الإحساسات إذا عاد الشخص لينظر إلى الورقة البيضاء على المنضدة ذاتها. ولهذا السبب تظل الأشياء الطبيعية الخارجية ثابتة، فلمست هذه الأشياء سوى الإمكانات المستكنة للحواس^(٣٦).

هكذا يستبدل "مل" الحقيقة التجريبية بالصدق الرياضى المجرد، ويُحيل الإنسان إلى مجرد آلة تتفعل بالأشياء مثلما تتفعل آلة التصوير بالضوء والألوان. لكن ذلك إن دل على شئ، فإلما يدل على ضعف إستعداد "مل" الرياضى، وقصور معرفته بالرتب المختلفة لمتسلسلات الأعداد، أو بتجاهل معرفتها^(٣٧).

فإذا كان زعمه بشيئية الأعداد، أو بكونها خواصاً لأشياء محسوسة، يصدق بالنسبة للأعداد البسيطة مثل "واحد" أو "إثنين" أو "ثلاثة"، إلا أن هذا

(34) Cassirer; The problem of knowledge, OP-Cit, P-55.

(٣٥) د. عبدالفتاح الدينى: المرجع السابق، ص ١٥٢.

(٣٦) نفس المرجع، ص ١٥٣.

(37) Loc-Cit.

الزعم يُصبح مرفوضاً عندما يتعلق الأمر بالأعداد الصماء (ف ١١، ٥٥) أو التخيلية (ف ٦١، ٦٢)، وقبل ذلك بالنسبة للأعداد الكبيرة، وإلا فما هي الوقائع الفيزيائية اللازمة لتعريف العدد ٧٧٧٨٦٤، ومن منا لديه القدرة على مشاهدة مثل هذه الوقائع؟ بل ما الوقائع التي تتطابق مع عددٍ مثل "الصفير"؟. لم يحدث قط - فيما يقول "فريجه" - أن رأى أحداً أو لمس صفراً من الحصى^(٣٨). أما إذا افترضنا إمكان وجود متصل رياضي، يتألف من عددٍ لا متناه من الإحساسات - بشئٍ أو بعددٍ لا متناه من الأشياء - فلنسا حينئذٍ ببعيدين عن العقل الذي جرده "مل" من كل إمكاناته الفاعلة بمعزل عن الحواس.

١٤٥- من جهة أخرى يذكرنا تحليل "مل" للمعرفة الرياضية بوجه آخر للتجريبية أشد تطرفاً، يُعبر عنه الفيلسوف الأمريكي "وليم جيمس" W. James (١٨٤٢-١٩١٠) بنزعة البرجماتية pragmatism. وهي نزعة تحصر معنى "الحقيقة" أو "الفكرة" أو "الجملة" فيما يترتب عليها من نتائج عملية يمكن مواجهتها تجريبياً وإدراكها حسياً^(٣٩). فإذا قلنا مثلاً أن تياراً كهربائياً يمر في سلك، فلنسا نشير بذلك إلى وجود موجه غير مرئية، وإنما نلخص فقط مجموعة من الوقائع الملاحظة مثل شحن البطاريات أو رنين الأجراس أو تحرك الآلات، فالكهرباء هي ما تفعله. ولا يعني الحديث عن الجاذبية وجوداً حقيقياً لكائنات غامضة تسمى القوى، وإنما الإشارة فقط إلى وقائع مثل سقوط الأجسام أو جذر البحر ومدّه وإرتباطه بحالات القمر،... الخ. ومعنى ذلك أن التصورات أو النظريات التي يكون لها نفس الآثار

(٣٨) د. محمد محمد قاسم: جوتلوب فريجه، ص ٣٩-٤٠.

(39) Runes (ed) : Dict. of philo., item Pragmatism, P-261.

متكافئة في معناها مهما بدا إختلافها في المضمون، ولا معنى لتلك التصورات التي ليست لها آثار مباشرة^(٤٠).

وتلك كما يشير جيمس هي "التجريبية الأصلية" التي تجعل من "الخبرة الخالصة" مصادرتها المنهجية، والتي لا تسمح داخل أبنيتها بأى عنصر لا يقع تحت الخبرة بطريقة مباشرة ولا تتباعد من أبنيتها أى عنصر يقع تحت الخبرة، فما يقع في الخبرة هو الواقعي، وكل ما هو واقعي يجب أن يقع في الخبرة^(٤١).

وإذا كان "جيمس ينطلق في تفسيره للإدراك من منطلق نفسي، مثمما فعل "مل"، فيسلم بإتصال الإحساسات في الذات الإنسانية، إلا أنه يرفض أن يرد هذا الاتصال إلى مجرد تأليفات وجدائية يقوم بها العقل لطائفة من الإدراكات المنفصلة بموجب قوانين التداعي، فليس العقل عنده آلة صماء أو لوحة بيضاء ترتسم عليها الإطباعات الحسية وتتجاذب بالتداعي، وإنما هو "أداة" بيولوجية، لا تتفك تواجه المواقف الجديدة الطارئة فتزد عليها بما عساه أن يكتب النجاح والبقاء لصاحب تلك الأداة^(٤٢). وبهذا الوصف يرد "جيمس" الحالات السيكلوجية للعقل كالإدراك والتخيل إلى مجرد حركات فيسيولوجية^(٤٣)، وتُصبح كلمة العقل إسماً، لا لكاثن روى أو آله صماء، وإنما لنمط معين من السلوك يوديه الكائن الحي. وعلى هذا فقد زال الحاجز

(٤٠) إير: المسائل الرئيسية في الفلسفة، ص ٤٨.

(٤١) د. محمد مهران: فلسفة بورتاندرسل، ص ٥٨.

(٤٢) د. زكى نجيب محمود: من زاوية فلسفية (دار الشروق، القاهرة، ج ٣١، ١٩٨٢)، ص

ص ٢١١-٢١٢.

(٤٣) يوسف كرم: تاريخ الفلسفة الحديثة، ص ٤١٧.

التقليدى بين العقل والجسم، وأصبح كلاهما نسيجاً واحداً، ينتظم تارة فيكون عقلاً وتارة أخرى فيكون جسماً، وتلك هى "الواحدية المحايدة" Neutral monism التى بشر بها "ماخ" وتبناها "رسل" بعد تعديل وتطوير^(٤٤).

ورغم إختلاف "جيمس" فى ذلك عن سابقيه من التجريبيين الذاتيين، إلا ان النتيجة واحدة. بل هى تأكيد لما أعلنه هولاء من رفض للكليات والمعانى المجردة، وحصر للواقعية فى الإدراك المباشر للجزئيات المتغيرة والمتكثرة Pluralistic. ولما كان المتصل الرياضى تصوراً كلياً مجرداً، فمن الطبيعى ألا يحظى بقبول تلك النظرة، لأن من العبث أن نوفق بينه وبين ما هو قائم فى عالم الواقع، وأن نبحث عن تطابق له مع متصل الإحساسات، فهذا الأخير لا يقبل التحول إلى عناصر كالمتصل الرياضى، ولا يتسنى لنا إدراكه إلا بالانفاذ إلى مجرى الحياة ذاتها. وهكذا يظهر تعارض "جيمس" مع الأفلاطونية، وإقتربة الشديد من فيلسوف مثل "برجسون" يجعل من المتصل كلاً ميتافيزيقياً واحداً لا يقبل التجزئة^(٤٥).

١٤٦- ولاشك فى جاذبية هذا الموقف - شأنه شأن موقف "مل" - لأولئك الفلاسفة الذين دعاهم "جيمس" بأصحاب العقول الصلبة (وهم التجريبيون). لكن مناقشة التفصيلات من شأنها تليين تلك العقول، لاسيما حينما يتعلق الأمر ببنية النظريات العلمية، التى تتطوى فى كثير من الأحيان على كميات سماه أو تخيلية لا يمكن تعريفها فى إطار المدركات الحسية^(٤٦).

(٤٤) د. زكى نجيب محمود : المرجع السابق، ص ٢١٢.

(٤٥) د. زكريا إبراهيم : دراسات فى الفلسفة المعاصرة، ص ٣١.

(٤٦) إير : المسائل الرئيسية فى الفلسفة، ص ٤٨-٤٩.

أما الدحض الأكبر لهذا الموقف فيأتي من قبل الكشف الحديثة في الفسيولوجيا وعلم النفس. فلقد إتمع القرن العشرون، نتيجة لهذه الكشف، بنظرة علمية جديدة، ترفض النظرة القديمة القائلة بأن العقل إمتداد مادي للجسم^{٤٧}، وتؤكد أن الإدراك الحسى - ناهيك عن الذاكرة والوعى - وإن كان يتوقف على عمليات فيزيائية وكيميائية، ليس شيئاً مادياً بحد ذاته ومن ثم فليس العقل والدماغ نسيجاً عضوياً واحداً بل هما شيئان مختلفان تمام الاختلاف، وليست الأفكار أو الإرادة من صنع المادة وإفرازاتها، بل تؤثر تأثيراً مباشراً في العمليات الفسيولوجية ذاتها^(٤٧).

يُعبّر عن ذلك العالم الإنجليزي تشارلز شرنجتون^{٤٨} Sherrington (١٨٥٧-١٩٥٢) مؤسس فسيولوجيا الأعصاب الحديثة، فيقول - تعقيباً على ما توصل إليه من نتائج بحثية: " هكذا ظهر فرق جذرى بين الحياة والعقل. فالحياة هى مسألة كيمياء وفيزياء، أما العقل فهو يستعصى على الكيمياء والفيزياء"^(٤٨).

وتوضيحا لدور الجهاز العصبى فى عملية الإدراك الحسى، يسوق العالم الأسترالى "جون إكلز" Eccles (١٩٠٣ -)، المتخصص فى

" قد يبدو ذلك مخالفاً لنظرة "الواحدية اعحادية" القائلة بأن النسيج اعحادى للعقل والمادة هو مادة خام أكثر أولية لاهى بالمادية ولا بالدمنية. ولكننا نركز هنا على نقطتين: الأولى هى القضية العامة للواحدية التى تقترح أن العقل والمادة يتألفان من شئ واحد، سواء أكان مادياً أو ذهنياً أو عحادياً. أما الثانية فتتمثل فى الزعم العام للتجريبية بأن الحيرة هى المصدر الوحيد لعارفا. (٤٧) د. محمد محمد قاسم: المدخل إلى فلسفة العلوم، ص ٢٢٣.

(48) Sherrington, C.: Man on his nature, Cambridge University Press, Cambridge, 1975, P-230.

نقلا عن روبرت أجروس، جورج ستانيسو: العلم فى منظورة الجديد، ص ٢٦.

مبحث الأعصاب، بعض الأمثلة: فالبصر مثلاً يُعطينا فى كل لحظة صورة ثلاثية الأبعاد للعالم الخارجى، ويركب فى هذه الصورة من سمات الإلتماع والتلون مالا وجود له إلا فى الإبصار الناشئ عن نشاط الدماغ. ونحن بالطبع ندرك النظائر المادية لهذه التجارب المتولدة عن الإدراك الحسى - كحدة المصدر المشع والطول الموجى للإشعاع المنبعث. ومع ذلك فعمليات الإدراك ذاتها تنشأ بطريقة مجهولة تماماً عن العمليات المنقولة بالرموز من شبكية العين إلى الدماغ^(٤٩).

كذلك الحال بالنسبة للتذوق، فإذا كان من شأن اللسان أن يدلنا على ملوحة البحر، إلا أنه لايفسر لنا سبب هذه الملوحة أو كيفية إدراكها. والأكثر من ذلك، لا يمكن لإنسان، حتى ولو كان عالماً رياضياً أو فيزيائياً، أن يدرك حسياً أو يتخيل متصل الزمان - مكان الذى حدثنا عنه أينشتين ، ولكنه يمكن أن يفهمه بما لديه من قوة إدراكية تفوق الإحساسات، ألا وهى العقل^(٥٠).

قد يتوقف الإدراك الحسى إذن على عالم الفيزياء والكيمياء ، لكنه ليس مقصوراً عليه، تماماً، كما يتوقف وجود كتاب ما على عناصر الورق والصمغ والحبر الذى يتكون منها، لكن فهمه لا يتم بمجرد إجراء تحليل كيميائى للحبر ولألياف الورق، حتى لو عرفنا طبيعة كل جزئ من جزيئات الورق والحبر معرفة كاملة، وإنما يتوقف فهمه على العقل، وهو ليس بمادة^(٥١).

(٤٩) نفس المرجع ، ص ٢٨.

(٥٠) نفس المرجع، ص ٣٣ - ٣٤.

(٥١) نفس المرجع ، ص ٢٩.

أما الفسيولوجى الكندى "ويلدر بنفيلد" Penfield (١٨٩١-١٩٧٦) فقد بنى بحوثه فى آليات الدماغ معتقداً بالنظرة القديمة التى تفسر العقل بالمادة، لكن نتائج التجارب التى أجراها على أدمغة ما يربو على ألف مريض فى حالة وعى، جاءت - على عكس ما توقع - دعماً للنظرة الجديدة. فلقد ثبت بما لا يدع مجالاً للشك أنه ليس فى قشرة الدماغ أى مكان يستطيع التنبيه الكهربائى فيه أن يجعل المريض يعتقد أو يقرر شيئاً. قد يستطيع هذا التنبيه أن يثير الأحاسيس والذكريات، غير أنه لا يقدر أن يجعل المريض يصطنع القياس المنطقى، أو يحل مسائل فى الجبر بل إنه لا يستطيع أن يحدث فى الذهن أبسط عناصر الفكر المنطقى، وبالتالي فليست هناك أعضاء جسمية للعقل البشرى والإرادة البشرية^(٥٢).

وقد تلمس فيما توصل إليه "بنفيلد" قدراً مما أسماه: "جيمس" بالرصيد الحيوى "Vital balance" أو "النفس الثانى" Second wind الذى يدفع بالإنسان إلى استثمار طاقاته المستترة بفعل الإرادة^(٥٣). لكننا سرعان ما نتبين أن ماهية الإرادة عند جيمس تختلف تماماً عما قرره "بنفيلد"، فهى ليست ملكة عجيبة مطوية فى أعماق النفس تغلفها الأسرار من كل جانب، كما نفهم من تجارب "بنفيلد" وإنما هى جزء من مظاهر الحياة العقلية، يُعبر عن ذلك الميل الذهنى - الحركى، الذى يدفع بالأفكار دائماً إلى إنتاج مجموعة من الحركات، اللهم إلا إذا عاقتها أفكار معضادة أو معارضة. ومن ثم فكل فعل

(٥٢) نفس المرجع، ص ٣٩.

(٥٣) انظر: كولن ويلسون: الزمان نهياً للفوضى (فى كتاب كولن ويلسون & جون جرات: فكرة الزمان عو التاريخ) ص ٣١٢.

إرادى هو مجرد نموذج لذلك الفعل الذهنى - الحركى، أو ذلك الإستعداد
الذهنى لتركيز الإنتباه فى فكرة واحدة مع إستبعاد غيرها من الأفكار^(٥٤).
وما يعنيه ذلك أن الإرادة عند "جيمس" هى فى حقيقتها "إرادة التذكر"،
أو إستعادة الأفكار المخترنة فى العقل عن طريق الحواس. أما عند "بنفيلد"
فهى إرادة الوصول إلى الكشف بمعزل عن الحواس ونخلص من ذلك إلى أن
التغيرات الفيزيائية والكيميائية فى عضو الحس وفى مسارات الأعصاب وفى
الدماغ، ماهى إلا جسر يوصلنا إلى عتبة الإحساس، وأن الإدراك الحسى،
وإن كان يقتضى تغييراً مادياً هو فى ذاته غير مادى، وعلى ذلك فقد سقط
الزعم الرئيسى للتجريبية، القائل بأن الحواس هى المصدر الوحيد لمعارفنا،
وبات من الضروري الاعتراف بوجود العقل كملكة لامادية، لاتخضع بالموت
للتحلل كسائر الأعضاء الجسدية، وليس الإنسان مجرد رزمة من ردود
الأفعال أو الدوافع أو الآليات، وإنما هو قوة روحية واعية، تحمل من المعانى
ما لاسبيل إلى تفسيره بلغة الغرائز والسلوكيات.
أفلا يستتبع ذلك إذن الاعتراف بوجود كائنات رياضية مجردة، يصل
إليها العقل الذى هو من طبيعتها - بمعزل عن الحواس ؟.

ب - الفرعة العقلانية Rationalism :

١٤٧- على العكس من المبدأ الأساسى للنزعة التجريبية، يذهب العقلانيون
إلى أن المعرفة الحقة قوامها الفكر. فالعقل وحده، بما يحويه من مبادئ سابقة
على التجربة، هو مصدر المعرفة اليقينية، تلك التى تنسم بخصال ثلاث
أساسية: فهى أولاً "مطلقة"، بمعنى أنها ثابتة لاتتغير بتغير الزمان والمكان.

(٥٤) د. زكريا إبراهيم : دراسات فى الفلسفة المعاصرة ، ص ٤٧-٤٨.

وهى ثانياً ضرورية، بمعنى أنها واضحة بذاتها وتفرض نفسها بشكل حتمى، فالضرورى هنا فى مقابل الإحتمالى. وهى أخيراً كلية، بمعنى أنها عامة ومشتركة بين الناس جميعاً^(٥٥).

ولما كانت المعرفة الرياضية تُجسد هذه الخصال، فهى من ثم النموذج الأمثل للمعرفة العقلية، والمنهج الضرورى لكل علم يسعى إلى الدقة واليقين^(٥٦).

أما الخبرة والإحساسات، فليست بقاعدة مضمونة لاكتساب المعارف، لأنها خداعة وزائفة، جزئية ومتغيرة. ورغم أهميتها فى بحث النشاط العقلى، إلا أنها تحتاج دوماً إلى تركية العقل^(٥٧).

وعلى الرغم من أن فلاسفة النزعة العقلانية مختلفون فيما بينهم حول وجود البنى الرياضية المجردة، ما بين قائل بأنها أفكار من صنع العقل، وقائل بأنها كائنات مستقلة يكتشفها العقل ولا يولفها، إلا أننا نلمح لديهم شبه إجماع على أن "الحدس" intuition - أو الرؤية الكلية المباشرة - هو السبيل الأوحد للمعرفة الرياضية. وإن كان ذلك لايعنى إستبعادهم للإستدلال المنطقى logical deduction كدرجة من درجات المعرفة تلتى سابقة أو لاحقة أو معاصرة للحدس.

ولعل "ديكارت" هو أول من يستوقفنا كفيلسوف عقلانى فى العصر الحديث، حيث جعل من الفكرة اللبنة الأولى فى بناء مذهبه. فالفكرة هى كل

(٥٥) د. محمد عابد الجابرى : تطور الفكر الرياضى ، ص ١١٦ - ١١٧.

(٥٦) نفس المرجع ، ص ١١٧.

(٥٧) د. محمد عبد اللطيف مطلب : الفلسفة والفيزياء ، ص ١٤٢.

ما يستطيع العقل إدراكه مباشرة، والأفكار الواضحة المتميزة هي ما تؤلف الحقيقة^(٥٨).

ولا ينظر "ديكارت" إلى الأفكار ككائنات واقعية مجردة، تقطن عالماً آخر كعالم المثل الأفلاطوني، كما لا ينظر إليها كتعميمات تجريبية يتوفر الحصول عليها بالخبرة، وإنما هو يعتقد بفطريتها، أي بكونها موجودات ذهنية أودعها الله الإنسان بفعل الخلق، ومن ثم فهي كامنة في العقل، ولدينا استعداد دائم لتوليدها ومعرفتها^(٥٩).

ولكن كيف يتيسر لنا معرفة تلك الحقائق أو المبادئ البسيطة ؟ .
يجيب "ديكارت" بأنه "الحدس"، فهو الخطوة الأولى لأي عمل عقلي يتصف بالدقة والوضوح، وبه ندرك المبادئ الأولى المجاوزة للحس والخيال. يقول "ديكارت" : "لأعني بالحدس الإعتقاد في شهادة الحواس المتغيرة، أو أحكام الخيال الخادعة . . . ولكنني أعني به تصور النفس السليمة المنتبهة تصوراً هو من السهولة والتميز بحيث لا يبقى أي شك فيما نفهمه، أي التصور الذي يتولد في نفس سليمة منتبهة عن مجرد الأنوار الإلهية. وعلى هذا النحو يستطيع كل إنسان أن يرى بالحدس أنه موجود وأنه يفكر، وأن المثلث محدود بثلاثة خطوط، وأنه ليس للكرة إلا سطحاً واحداً، وغير ذلك من الحقائق المشابهة التي هي أكثر عدداً مما يُعتقد في المادة"^(٦٠).

(٥٨) د. محمد محمد قاسم : كارل بوبر ، ص ٢٦٩.

(٥٩) أنظر ديكارت : مقال عن المنهج ، ص ٢٣٠ - ٢٣٤.

(٦٠) ديكارت : القواعد لقيادة العقل، القاعدة الثانية عشرة. نقلاً عن :

د. محمد مصطفى حلمي : مقدمة الوجوه العربية لمقال عن المنهج، ص ١٢٩.

أما القياس أو الاستدلال المنطقي فيأتي في مرحلة لاحقة للحدس، إذ يختص بتركيب المعرفة إنطلاقاً من الحدوس البسيطة. وبينما يمتلك الحدس يقيناً حاضراً، فإن الذاكرة هي المصدر المباشر ليقين القياس، وذلك بما تختزنه من أفكار ومبادئ سبق أن إكتسبتها بالحدس هذا فضلاً عن أن الحدس لاغنى عنه في القياس عند الانتقال من حد إلى حد، بل أن إستبطان النتيجة هو في حد ذاته حدس^(٦١)، وهو ما دفع "ديكارت" إلى وصف القياس الأرسطي بأنه سلسلة من الحدوس البسيطة المتصلة^(٦٢).

١٤٨- ورغم إختلاف البناء المذهبي لديكارت عن كل من "سبينوزا" Spinoza (١٦٣٢-١٦٧٧) و "لبيتر" إلا أننا نجد لديهما الأمر نفسه فيما يتعلق بالمنهج. فلقد أقام "سبينوزا" نمطاً فلسفياً على غرار النسق الهندسي، ضمنه كتابه الرئيسي "الأخلاق" Ethics الذي نشر بعد وفاته. وهو بذلك يؤكد على يقين المعرفة الرياضية ودقة منهجها^(٦٣).

* استخدم المذكور محمد مصطفى حلمي في ترجمة للنص المذكور كلمة "البداية" بدلاً من كلمة "الحدس" كمقابل للمصطلح الفرنسي intuition، حيث رأى أن الأولى أقرب إلى المعنى الذي يرمي إليه "ديكارت" من الثانية التي قد تحمل عدة معانٍ، منها في العربية إصابة الحد الأوسط إذا وُضع المطلوب، أو إصابة الحد الأكبر إذا أصيب الأوسط، وبالجمله سرعة الانتقال من معلوم إلى مجهول. ولكننا آثرنا الإبقاء على كلمة "الحدس" حفاظاً على التماسك اللغوي للبحث. أنظر المرجع السابق، حاشية ص ١٣٨.

(٦١) نفس المرجع، ص ١٤٠.

(٦٢) يوسف كرم: تاريخ الفلسفة الحديثة، ص ٦٣.

(63). Runes (ed) : Dict - of Philo., Item : Spinozism, P-315.

أما سبيلنا لإكتساب تلك المعرفة فيتميز بين مراتب المعرفة المختلفة، وهى على ما يقول "سبينوزا" أربع مراتب، تتسلسل على النحو التالى^(٦٤):-

١- معرفة سماعية، نتناقلها عن الغير، مثل معرفتى بتاريخ ميلادى، ووالدى، وما أشبه ذلك، وهى فى نظر "سبينوزا" معرفة غير علمية.

٢- معرفة بالتجربة المجملة أو الإستقراء العلم، وهى إدراك للجزيئات بالحواس على ما يتفق، بحيث تنشأ فى الذهن أفكار عامة من تقارب الحالات المتشابهة، مثل معرفتى أن الزيت وقود النار، وأن الماء يطفئها. هذه المعرفة متفرقة، وأصل إعتقادنا بهذه الأفكار وأمثالها أننا لم نصادف ظواهر معارضة لها ، دون أن يكون لدينا ما يثبت لنا عدم وجود مثل هذه الظواهر.

٣- معرفة عقلية إستدلالية تستنتج شيئاً من شئ ، كإستنتاج السبب من النتيجة دون إدراك الكيفية التى أثر بها السبب على النتيجة. أو هى معرفة تطابق قاعدة كلية على حالة جزئية، كتطبيق معرفتى أن الشئ يبدو عن بعد أصغر منه عن قرب، على رؤيتى للشمس، فأعلم أن الشمس أعظم مما تبدو لى.

هذه المعرفة يقينية، لكنها أيضاً متفرقة، ولا رابط بين أجزائها.

٤- معرفة عقلية حتمية تدرك الشئ بماهيته، مثل معرفتى أن النفس متحدة بالجسم لمعرفتى ماهية النفس، أو مثل معرفتى خصائص شكل هندسى لمعرفتى تعريفه، وأن الخطين الموازيين لثالث متوازيان. هذه المعرفة الأخيرة هى الكاملة لأن موضوعاتها معان واضحة متميزة يكونها العقل

(٦٤) يوسف كرم : المرجع السابق ، ص ص ١٠٨-١٠٩.

بذاته، ويؤلف ابتداء منها سلسلة مركبة من الحقائق، فيخلق الرياضيات والعلم الطبيعي، حيث تبدو الحقيقة الجزئية نتيجة لقانون كلي، ويفصح العقل عن فاعليته وخصبه، وإستقلاله عن الحواس والمخيلة.

هكذا يضع "سينوزا" المعرفة الحسية على قمة مراتب المعرفة، فيجعل منها منطلقاً لتحصيل المعاني البسيطة، اللازمة لأى نمق علمي، وهو فى ذلك لا يختلف كثيراً عن "نيكارت"، اللهم إلا فى قوله بوحدة الوجود أو بأن الجزئيات هى وحدات أو صفات للجوهر الواحد اللامتناهى.

أما "لينتز" فقد كانت تفرقه بين أنواع الجواهر الثلاثة: الميتافيزيقية والرياضية والفيزيائية (ف٣٧)، مقدمة لتمييزه بين درجات ثلاث للمعرفة: معرفة حسية مباشرة، وأخرى عقلية إستدلالية، وثالثة حسية. بالأولى ندرك الكليات أو الحقائق الأزلية كالمثل الأفلاطونية وحقائق الحساب الخالص، وهى فى جملة ما معرفة سامية تتخطى كل إستدلال، وتتعدى كل منطق وتعلو على كل قياس^(٦٥). أما الثانية فمعرفة رمزية إستدلالية، تختص بإقامة الأنماق الرياضية والمنطقية وتحليل القضايا وتركيبها، ورغم وضوحها، إلا أنها مختلطة، تنفكر إلى الحدس المباشر كما تكون واضحة ومتميزة^(٦٦)، وأما الثالثة فمعرفة تجريبية، تعكس الأثنياء الملموسة فى الواقع الخارجى، وهى جزئية وغامضة ومتناثرة، لاكتسب الوضوح إلا بتدخل الذهن^(٦٧)، يقول "لينتز" فى "مقالات جديدة فى الفهم الإنسانى": "إن المعرفة لا يمكن أن تكون بأكملها حسية، لأننا لا نستطيع الوصول دائماً إلى الأفكار الوسيطة، كما أنها

(٦٥) د. على عبدالمطى محمد: تيارات الفلسفة الحديثة، ص ٣٤٧.

(٦٦) يوسف كرم: تاريخ الفلسفة الحديثة، ص ١٢٨.

(٦٧) د. على عبدالمطى محمد: المرجع السابق، ص ٣٤٩.

لا تكون حسية دائماً، لأن معرفتنا الحسية تنحصر في معرفتنا للأشياء التي تؤثر على حواسنا في اللحظة الراهنة، بل الواقع أن معارفنا تجمع بين الحس والإستدلال والحس^(٦٨).

١٤٩- تلك بإختصار شديد أبرز نماذج النزعة العقلانية في العصر الحديث، وهي فيما نلاحظ اقرب إلى وصف المنهج الفعلي للرياضيات والفيزياء عما أقرته النزعة التجريبية. فعلى سبيل المثال، لم يكن إكتشاف "آينشتين" للنسبية سوى فقرة حسية مباشرة يسبقها بحث حسى ويتبعها إستدلال عقلى، مما يؤكد أهمية الدرجات الثلاث للمعرفة. حقاً أن "آينشتين" لم يدخل معملاً قط، ولكنه إستفاد بالطبع من مشاهدات سابقة. كتجربة "ميكلسون - مورلى" (ف ٩٣-٩٤) ، وتحقيق "هرتز" لمجالات "ماكسويل" (ف ٩١) . وهنا قد نتساءل: ولما لا تكون النسبية إستدلالاً منطقياً خالصاً فحسب؟.

ونجيب بسؤال آخر فنقول: وهل كان الإستدلال بعيداً عن متناول من سبقوا "آينشتين". لا شك أنه كان متاحاً، لكن إستجلاء المبادئ وإستنباط النتائج - كما أخبرنا العقلانيون - لاهتو أن يكون فعلاً حسياً. وفي ذلك يقول "آينشتين" : "إن غاية ما يصبو إليه الفيزيائى هو أن يصل إلى تلك القوانين الأولية العامة التى يمكن أن يبنى على أساسها صورة الكون عن طريق الإستدلال البحث. وليس هناك طريق منطقى إلى هذه القوانين. إن "الحس" وحده، الذى يركز على الفهم المتعاطف مع التجربة، هو الذى يستطيع أن يصل إليها"^(٦٩).

(٦٨) نقلاً عن نفس المرجع، ص ٣٤٨.

(٦٩) آينشتين: أفكار وآراء، ص ١٠.

من جهة أخرى نستطيع القول بأن مراحل الكشف الرياضى لنظرية الكم كانت فى جوهرها سلسلة من الحدوس العقلية المباشرة، بدءاً من اشتقاق "بلاذك" للصيغة الرياضية الحاكمة لإشعاع الجسم الأسود (ف١٠٨)، ومروراً باقتراض "دى بروجلي" لموجات المادة (ف١١١)، ووصولاً إلى مبدأ التناثر واللايقين لـ "بوهر" و "هايزنبرج" (٧٠) (ف١١٥).

يتضح ذلك من أقوالهم التى وصفوا بها تلك الكشف، فلقد ذكر "بلاذك" مثلاً أنه شعر كما لو كان قد توصل إلى كشف من الطراز الأول، ربما لا يضارعه إلا إكتشافات "نيوتن" ... (٧١). بينما يعلق "هايزنبرج" على إكتشاف "بوهر" لمسارات الكم الإلكترونية فيقول : "إن إستخدام "بوهر" للميكانيكا الكلاسيكية وميكانيكا الكم يشبه تماماً إستخدام الرسام للفرشاة والألوان. بالطبع فإن أية صورة لاتتحدد من الألوان والفرشاة ولكنهما لزامتان فى إخراج ما يدور فى مخيلة الفنان ... إن "بوهر" يعرف تماماً تصرف الذرات أثناء الظواهر الضوئية، وأثناء التفاعلات الكيميائية، وقد أكسبته هذه المعرفة عن طريق "الحدس" تصوراً لتركيب الذرات المختلفة (٧٢). أما "هايزنبرج" نفسه، فيوصف الظروف التى أحاطت بإكتشافه لمبدأ اللايقين قائلاً: "ربما كان الليل قد إقرب من منتصفه فى ذلك اليوم الذى بدا فيه الحل قريباً منى، حين تذكرت فجأة محاورتى مع "اينشتاين"، وخصوصاً قوله "إن النظرية هى التى تحدد ما نستطيع مشاهدته بالفعل". لقد تجلى لى على الفور أنه يتحتم البحث عن مفتاح تلك البوابة المغلقة فى هذا

(70) Morris, R.: Dismantling the universe, OP-Cit, P-64.

(٧١) هايزنبرج: الفيزياء والفلسفة، ص ٢٢.

(٧٢) هايزنبرج : الجزء والكل، ص ٥٧.

الموضع، ولم يكن أمامي سوى القيام بجولة خلال حديقة النالية* . Failed Park ، مأخوذاً بالتفكير العميق في عواقب مقولة "أينشتين" (٧٣).

وما نخرج به من ذلك أن الكشف الرياضي وإن كان يخطو أولى خطواته بدهشة حسية، ويصاحب في طريقه نمطاً من الإستدلال العقلي والمنطقي، إلا أنه في النهاية فقرة حدسية مباشرة لاكتسب بالتجربة أو بالجهد الواعي للعقل. وقد كتب الرياضي الألماني "جاوس" الذي حاول لمدة عامين أن يبرهن على نظرية رياضية دون أن ينجح في ذلك فقال : أخيراً نجحت منذ يومين ، لم يكن ذلك بسبب جهودى المضنية ولكن بفضل من الله . وكومضة برق مفاجئة، حدث أن حلّ اللغز ، وأنا نفسى لأستطيع أن أتكلم عن كنه ذلك الخيط الهادى الذى يربط بين ماعرفته من قبل، وما جعل نجاحى ممكناً (٧٤).

والسؤال الآن "ماذا عن كيفية القفزات الحدسية المباشرة؟ كيف يقوم العقل بتلك القفزات؟ وما الذى يضمن لنا صحتها؟

* هي إحدى حدائق مدينة كوبنهاجن.

(٧٣) نفس المرجع ، ص ١٠٢ ، ولزيد من المفاضيل حول دور الحدس في الكشف العلمى، راجع د. ماهر عبد القادر محمد: مناهج ومشكلات العلوم. الإسطراء والعلوم الطبيعية، (دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ط٢، ١٩٨٢).

(74) Quoted in Hadamard, J. : The psychology of invention in the mathematical field, Princeton, 1945, P-14.

نقلاً عن أنطونى ستور : العبقرية والتحليل النفسى ... فرويد ويونج ومفهوم الشخصية ، (فى كتاب بيلوبى مري: العبقرية - تاريخ الفكرة ، ترجمة محمد عبد الواحد محمد ، مراجعة د. عبدالغفار مكاوى، سلسلة عالم المعرفة، العدد(٢٠٨)، أبريل ١٩٩٦) ص ٣١٥.

تستلزم الإجابة عن هذا السؤال أن تطرق مرة أخرى أبواب علمي النفس والفسيولوجيا. ولكن نستوقفا قبل ذلك محاولة أخرى مميزة في تاريخ الإستمولوجيا، رمى صاحبها إلى التوفيق بين النزعتين التجريبية والعقلانية: إنها محاولة "كانط" النقدية.

ج- كانط ونزعتيه النقدية:

١٥٠- لقد حاول "كانط" بنزعتيه النقدية أن يحسم النزاع الإستمولوجي بين المذاهب التجريبية والعقلانية، مستخدماً ما أسماه بالقضايا التركيبية القبلية، تلك التي تجمع في رأيه بين المظهرين الحسي والعقلي للمعرفة، وتجعل من قيام العلم الرياضي والفيزيائي أمراً ممكناً. فليست القضايا الرياضية، كما ذهب العقلانيون، مجرد أحكام تحليلية، كما أنها ليست أحكاماً "بعدية" A Posteriori قائمة على الخبرة كما ظن التجريبيون، وإنما هي أحكام تركيبية وقبلية A Priori في آن معاً. هي تركيبية لأن محمولها يُضيف جديداً إلى موضوعها، بمعنى أنها توسعية Extensive وليست تفسيرية^(٧٥). فإذا قلنا مثلاً أن "الخط المستقيم هو أقرب بُعد بين نقطتين"، كنا بإزاء حكم تركيبى، لأننا نضيف تصوراً كيفياً هو "معنى الاستقامة"، إلى تصور كمى هو "القرب بُعد"، وبذلك نأتى فعلاً مركباً^(٧٦). وإذا فكرنا في القضية "٧+٥=١٢"، وجدنا أيضاً أنها قضية تركيبية، لأن تصور الشق الأول منها لا يحوى أى شئ سوى إجماع العددين في واحد، بينما نحن لا تفكر على الإطلاق في

(٧٥) كانط : مقدمة لكل ميتافيزيقا علمية، ص ٥٤.

(٧٦) نفس المرجع، ص ٥٧ و أيضاً د. محمد ثابت القندى: مع الفيلسوف، (دار النهضة

العربية للنشر والتوزيع، بيروت، ١٩٨٠)، ص ١٧٠.

ماهية هذا العدد الواحد الذى يجمع بين العددين الآخرين. ومن ثم فنحن بالشرح الثانى من القضية نتوسع فى مفهوم تصورنا، ونضيف إليه تصوراً جديداً لم يكن متضمناً فى مفهومه. ولندرك هذا بصورة أوضح كلما إستخدمنا أعداداً أكبر^(٧٧).

أما كون القضايا الرياضية "قبلية"، وليست "بعدية"، فلأن ضرورتها مستمدة من "حدس" قبلى مجرد بالمكان والزمان، فالمكان هو الحدس المجرد لعلم الهندسة، والزمان هو الحدس المجرد لعلم الحساب، وهما معاً صورتان خالصتان للقوة الحساسة، تنطبقان على مادة الخبرة، فتولدان تمثل الإمتداد والديمومة الحسين^(٧٨).

بعبارة أخرى نستطيع القول أن المكان والزمان حدسان قبليان للحدوس التجريبية. ورغم كونهما أوليين وسابقين على الخبرة، إلا أن ذلك لايعنى مساواتهما بالأفكار الفطرية التى قال بها السابقون، لأن المعارف الأولية عند "كانط" هى بمثابة شروط ضرورية قائمة فى الذهن، دون أن تكون معارف جاهزة معدة من قبل، أو حقائق نظرية منقوشة فى طبيعة العقل. ومن هنا فإن "كانط" لا يؤمن بوجود إدراكات عقلية مبطورة، أو حدوس ذهنية مغروزة فى طبيعة العقل، بل هو يعتبر العناصر الأولية بمثابة شروط ضرورية للمعرفة، على أن تجئ الحدوس التجريبية فتكون بمثابة "معطيات" تتمثل أمام الذهن، ويكون فى وسع الذهن أن يركب منها "معرفة". ومعنى هذا أن "الأولى" فى حد ذاته لايقدم لنا معرفة، اللهم إلا حين تجئ المعطيات الحسية فتكون بمثابة مادة يركب منها التجربة، ويقدم لنا عن طريقها ما نسميه

(٧٧) كانط : المرجع السابق، ص ٥٦-٥٧.

(٧٨) د. زكريا إبراهيم: كانط أو الفلسفة النقدية، ص ٧١.

بالعلم. وأما حين يؤخذ "الأولى" على حدة، فإنه لا يمكن أن يؤدي إلى علم أو معرفة على الإطلاق^(٧٩).

هكذا يفهم "كانط" الحدس بمعنى مختلف تماماً عن ذى قبل، فالمكان والزمان، وإن كانا حدسين عقليين مجردين، إلا أنهما مجرد صورتان قبليتان، تتنظم في إطارهما مدركاتنا الحسية، فلا قيمة لهما إذن إلا بإمدادات الحواس. أما القفزات الحدسية المباشرة، والتي تضعنا وجهاً لوجه أمام الحقائق الأثرية أو الأشياء في ذاتها، فليست من إمكانات العقل المجرد. يقول "كانط": "إننا نسلم بالكائنات المعقولة، ولكننا نتمسك بهذه القاعدة التي لا إستثناء فيها، وهي أننا لا تعلم شيئاً معيناً عن الكائنات المعقولة الخالصة، ولا يمكن معرفة أى شئ عنها، لأن تصورات الذهن المجردة مثل الحدوس الخالصة لا تنطبق إلا على موضوعات التجربة الممكنة، وبالتالي على الكائنات المحسوسة فقط، فإذا ما ابتعدنا عنها فإن التصورات تفقد كل دلالتها"^(٨٠).

وتلك نظرة ينطلق فيها "كانط" من مسلمات الهندسة الإقليدية، التي جمعت قضاياها في وقتٍ ما سابق بين النظر والتطبيق، أو بين الفكر والواقع المحسوس، بمعنى ألا يكون "المعنى" سوى ما ندركه حسياً^(٨١). وقد رأينا كيف أدى تطور الرياضيات الحديثة إلى تجاوز تلك النظرة، ليصبح الصدق الرياضى مقصوراً على عدم التناقض المنطقي بين القضايا، دون إحالة إلى الواقع. بل لقد بدا هذا الواقع، وفقاً لنسبية "آينشتاين"، مخالفاً للتصور الإقليدى

(٧٩) نفس المرجع، ص ٦٤.

(٨٠) كانط : المرجع السابق، فقرة (٣٢)، ص ١٢٧.

(٨١) أنظر نفس المرجع، فقرة (١٢)، ص ٨١.

للمكان، ومن ثم فهو تصور خاطئ من جهة للواقع، يستتبع خطأ الحدس العقلي المقوم له.

على أن ذلك لايعنى فى الحقيقة عدم إتساق البناء الكانطى داخلياً ، بل هو متسق فى حدود المسلمات التى إتطلق منها، حتى وإن تجاوزها العلم المعاصر. فإذا سأل سائل: وكيف يطابق الواقع تلك التصورات الرياضية المركبة التى لايمكن إدراكها حسياً، كالأعداد الصماء والمجموعات اللانتهية؟. أجاب "كانط" بأنها "توقعات الإدراك الحسى" Anticipations of preception. ولنا عودة أخرى لاحقة مع هذا التعبير الكانطى.

٤- المعرفة المدسية المباشرة : نفسياً وفسيولوجياً.

١٥١- بغض النظر عن إختلاف المذاهب الفلسفية ومشكلاتها الميتافيزيقية، يؤثر مفهوم "الحدس" عدداً من القضايا الإستمولوجية المرتبطة بطبيعة السلوك الحدسى وأبعاده النفسية والفسيولوجية، فضلاً عن علاقته بسبل المعرفة الأخرى.

وما نعينه هنا بالحدس هو تلك الرؤية الكلية المباشرة للمعانى العقلية المجردة، أو مادعاه "هوسرل" Husserl (١٨٥٩-١٩٣٨) "بالقدرة على إدراك الماهيات"^(٨١). وبهذا المعنى يمثل الحدس ضرباً من المعرفة الميتافيزيقية المجاوزة لإدراكات الحواس والنشاط الواعى للعقل.

(82) Marcuse, H. : Negations, Essays in critical theory, trans- from the German by Jeremy J. Shapiro, Free association books, London, 1988, P-52.

ولعل عالم النفس السويسرى "كارل جوستاف يونج" Jung (١٨٧٥-١٩٦١) هو أول من تناول بالبحث ظاهرة الحدس كظاهرة سيكولوجية ، دون أن تشغله الصراعات الميتافيزيقية فى الفلسفة. وإن كان تفسيره العلمى لطبيعة الحدس وكيفيةه يحمل فى طياته نزعة ميتافيزيقية واضحة. ففى كتابه "أنماط السلوكية" (١٩٣٣) ، يقترح "يـونـج" إتجاهين رئيسيين للشخصية هما : "الإنبساط" و "الانطواء"، إلى جانب أربع وظائف عقلية هى : "الإحساس" و "التفكير" و "الشعور" و "الحدس" . ومن تفاعل الوظائف العقلية مع الإتجاهين الرئيسيين تنتج ثمانية أنماط سلوكية، يدل كل منها على إتجاه معين ووظيفة عقلية معينة. وبالإضافة إلى ذلك توجد ثلاثة مستويات من الشعور، وهى "الشعور الشخصى" و " اللاشعور الشخصى" و "اللاشعور الجمعى". وبهذه المفاهيم يمكن وصف أوجه النشاط النفسى المختلفة للفرد^(٨٣).

ويذهب "يـونـج" إلى أن "الحدس" كالإحساس ، يدرك لاشعورياً وبطريقة غير نقدية، ولكنه يدرك الاحتمالات والمبادئ والتضمينات والمواقف ككل على حساب التفصيلات. أى أنه عملية تركيبية وليست تحليلية. وهو وإن كان يتسم بطابع اليقين، إلا أن الوظائف العقلية الأخرى قد تسهم فى تعديله. هذا من جهة ، ومن جهة أخرى تكشف التقسيمات والمفاهيم السابقة عن نمطين مميزين من "الحدس" : نمط إنبساطى ، يدرك مبادئ وإمكانات العالم الخارجى، ويستمد مادته من مجال التجربة الإنسانية الواعية. ونمط إنطوائى

(٨٣) د. فؤاد أبو حطب : الحدس من الوجهة السيكلوجية، (مقال بمجلة الفكر المعاصر، العدد

(٧٩) ، سبتمبر ١٩٧١)، ص ١٢٤ .

يرقى بصاحبه عن معطيات الشعور، ليتبوأ مقعده بين أصحاب الروى الكشفية المباشرة^(٨٤).

هذا النمط الكشفى وفقاً لـ "يونج" لا يمكن أن يستمد مادته من الحياة الشخصية للفرد، أو من الواقع النفسى المائل للحياة. وبينما كان من المرجح أن يفسر "فرويد" Freud (١٨٥٦-١٩٣٩) هذه المادة بأنها تنشأ عن الطفولة المبكرة، فقد افترض "يونج" وجود مستوى أعلى للعقل سماه بالاشعور - أو اللاوعى - الجمعى. وهذا الأخير يشبه من عدة جوانب عالم المثل الأفلاطونى، أو العقل الموضوعى الهيجلى، فهو مصدر إنتاج الصور أو النماذج الأولية Archetypes التى تجلت بأشكال مختلفة فى حضارات مختلفة، وشهدت بوجود مستوى عقلى مُنتج للأسطورة وثنائع بين جميع الناس^(٨٥).

ويصف "يونج" كيفية القفزات الحدسية من النمط الكشفى بعبارات تذكرنا بـ "إرادة" "شوبنهاور" Schopenhauer (١٧٨٨-١٨٦٠). فلقد إعتبر "شوبنهاور" أن الأفراد هم تجسيد لإرادة جوهرية كلية تقع خارج نطاق الزمان والمكان. وينفس المعنى يتحدث "يونج" عن عالم "الاشعور الجمعى" اللازمكانى. وهو عالم يمارس تأثيره فى الحضارة من خلال تأثيره فى النفس الفردية أو من خلال نفاذه فيها^(٨٦). ومن ثم فالفنان الكشفى - ولا فرق بينه وبين العالم المبدع - لا يتكرر المادة المعرفية بقدر ما تسيطر هى عليه وتمسك بزمame. وفى ذلك يقول "يونج": "حين تهيمن قوة الإبداع يتحكم اللاوعى فى

(٨٤) نفس الموضع.

(٨٥) أنطونى سبور: العقيدة والتحليل النفسى، ص ٣٠٣.

(٨٦) نفس المرجع، ص ٣٠٥-٣٠٦.

الحياة ويشكلها أكثر مما تتحكم فيها الإرادة الواعية، وتُدفع الأنا بقوة للمسير في مجرى خفى حيث تصبح مجرد شاهد عاجز على الأحداث، ويغدو نمو العمل وتقدمه هو قدر الشاعر وهو الذى يحدد سيكولوجيته. وليس "جوته" هو الذى يُدع "فاوست"، بل إن "فاوست" هو الذى يُدع "جوته"^(٨٧).

ورغم تعدد الدراسات السيكلوجية لظاهرة "الحس" بعد "يونج"، إلا أنها جميعاً تؤكد وجود مثل هذا النوع من الروى الكشفية المباشرة، التى يصل الإنسان بمقتضاها إلى إستنتاجات صحيحة وواضحة دون أن يستطيع شرح الأسس التى تقوم عليها أو يبين مقدماتها وخطواتها. ويمكن أن نخرج من هذه الدراسات بتعريف عام للحس بأنه عملية معرفية قبل منطقية Prallogical وبدائية ولا تحليلية ومباشرة. لكنه من جهة أخرى إحدى ملكات الإنسان الفكرية التى تعمل مجتمعة على طريق الكشف العلمى. فلا وجود لملكات أو قدرات عقلية منفصلة ومستقلة عن بعضها البعض^(٨٨).

١٥٢- ونجد خطأ موازياً لهذا الخط السيكلوجى فى فسيولوجيا المخ والأعصاب، حيث تشير الكشوف الحديثة إلى أننا ننقسم بالفعل إلى شخصين يعيشان داخل رؤوسنا، أو بتعبير أدق، فى النصفين اليمين واليسار

"جوهان فولفجانج فون جوته J. W. V. Goethe (١٧٤٩-١٨٣٢) : أديب وشاعر وعالم وفيلسوف ألماني. له عدد من الدراسات العلمية، منها "تأملات فى الطبيعة" و "تحول النباتات"، فضلاً عن دراسته الهامة عن الألوان أو الظواهر الأصلية التى ألمحها عام ١٨١٠. أما "فاوست" فهى إحدى أشهر مسرحياته.

(87) Jung, C. G. : Psychology and Literature, Collected works, Vol. (15), London, 1966, P-103.

مقتلاً عن المرجع السابق، ص ٣٠٤.

(٨٨) أنظر د. فؤاد أبو حطب: المرجع السابق، ص ١٢٤-١٢٧.

من المخ. الشخص الأول يمثلُه النصف الأيسر الذي يُهيمن على اللغة، ويعمل في إطار الواقع اليومي وفقاً لقواعد المنطق. أما الشخص الثاني فيقطن النصف الأيمن، وهو بطبيعته "فنان"، يختص بالتذوق، وإستلهاام المواقف في جعلتها دون النظر إلى تفصيلاتها^(٨٩).

ويرتبط نصفا المخ فيما بينهما بمعبر من الألياف العصبية، فإذا استأصل هذا المعبر، فإن كلاً منهما يستمر في العمل منفصلاً عن الآخر. ومعنى هذا أن الكائن الذي تسميه "أنت" - أي ذاتك - يستقر في النصف الأيسر من مخك. وهناك "أنت" أخرى على بُعد بوصات قليلة في النصف الأيمن، ولكنها صامتة. وعندما أجرى عملية حسابية على الورق، فإنني أستخدِم نصف مخي الأيسر، مع قسط مُعين من المعونة التي يقدمها النصف الأيمن من حين إلى آخر عن طريق الإستبصارات المفاجئة. ويبدو أن هذه بصفة عامة هي الطريقة التي يعمل بها المخ البشري: النصف الأيسر هو "الإنسان الأمامي"، الأنا التي تتعامل مع العالم. والنصف الأيمن عليه أن يُعبر عن نفسه عن طريق النصف الأيسر ومجمل الأمر أن النصف الأيمن يجد عناء شديداً في أداء وظيفته، ذلك أن النصف الأيسر في عجلة دائماً من أمره ولا يكف أبداً عن معالجة المشكلات ويميل إلى معاملة النصف الأيمن شيء من نفاق الصبر وهذا هو السبب في أن الإنسان المتحضر يبدو أنه لايملك من "الحدس" إلا القليل^(٩٠).

ومن الأمور ذات الدلالة في هذا الصدد أن المخ الأيسر لديه إحساس قوى بالزمان على حين أن الأيمن لايملك شيئاً من هذا الإحساس وكان العقل

(٨٩) كولون ولسون: الزمان نهياً للفوضى، ص ٣٢٢.

(٩٠) نفس المرجع، ص ٣٢٢ - ٣٢٣.

حين تغشاه لحظات "الحس" يستحضر فجأة واقع زمان آخر ومكان آخر يضمنى المعنى والقيمة على مدرجات العالم الزمكاني المحسوس^(٩١).

وأياً كانت ماهية هذا الواقع الآخر، فليس أمامنا إلا أن نسلم بوجوده إزاء تجربة الإستبصار المفاجئ للمخ الأيمن، تلك التي لا بد وأن كل فرد منا قد مر بها في لحظات العزلة والتأمل فإذا ما إعترض أحدهم بأننا نتحدث عن عالم وهمي لا يمكن التحقق منه، أعلنا إليه كثرة من المسميات التي نتحدث عنها النظريات العلمية دون دليل عيني مباشر، اللهم إلا آثارها - كالموجات اللاسلكية، والشحنات الكهربائية ... إلخ - فإذا كان هذا هو حال النظريات العلمية وكائناتها، فلما لا نسلم بوجود عالم للكليات، ونحن نستشعر آثاره بقوة من حين إلى آخر؟.

يمكننا إذن أن نلخص إلى ماوصلنا إليه فنقول أن للكائنات الرياضية عالمها الخاص والمفارق لعالمى العقل والفيزياء، ونحن نكتشف هذه الكائنات - ولانتخترعها - من خلال عملية فكرية متكاملة، يلعب "الحس" فيها الدور الأكبر، إلى جانب أدوار فرعية لاغنى عنها لكل من الإحساس والإستدلال المنطقي.

ثالثاً: تطابق المتحليين الرياضى والحس:

١٥٣- الجزء الثالث والمكمل لمشكلة الكائنات الرياضية المجردة، ينحصر في التساؤل عن العلاقة بين عالمى الكليات والجزئيات: بين المعانى المعقولة فى عالمها المفارق، ومقابلتها المحسوسة فى عالم الخبرة، وبصفة خاصة، بين المتصل الرياضى كبناء على مجرد، والمتصلات الفيزيائية الجزئية.

(٩١) نفس المرجع ، ص ٣٢٦.

يكتسب هذا التساؤل أهميته مما نجده - لو تصفحنا تاريخ العلم - من كُشوف وتنبؤات رياضية، تمت في رحاب العقل الخالص، وبمعزل عن تسجيلات الحواس، ثم غدت واقعاً تجريبياً لاسيلاً إلى إنكاره. فهل يتطابق التصور الرياضى حقاً مع الشئ الجزئى المحسوس؟ وإذا كانت هناك بالفعل علاقة تطابق بينهما فكيف يتسنى لنا إستباق المعطيات الحسية بحدوس ذهنية وإستنتاجات منطقية، تصف ماهو قائم بالفعل فى عالم الواقع؟ .

أفلا يعنى ذلك وجود قوة غامضة تقف وراء هذا التطابق وتجعل من الإنسان طرفاً أساسياً فى معادلة الوجود؟.

لاشك أن الإجابة عن هذا التساؤل، لاسيما فيما يتعلق بالإتصال واللاتناهى، تستلزم القيام بتحليلات مسبقة للمتصل الحسى، كيما نكشف عن مدى التطابق بينه وبين المتصل الرياضى. لكن هذه التحليلات - كما أشرنا فى موضع سابق (ف ٤٠) - نادرأ ما بوشرت. إما لعدم كفاءة أجهزة القياس، أو لإرتباط الفيلسوف بنظرة مذهبية خاصة ينطلق منها. فلو نظرنا بدايةً إلى أجهزة القياس، لوجدنا أنها قاصرة عن أن تعين بدقة ما تخبرنا به الرياضيات من كميات متصلة أو أطوال ممتدة. فنحن نقول مثلاً أن طول الوتر فى المثلث القائم الزاوية والمتساوى الساقين هو $\sqrt{2}$ ، ولكن هل نستطيع قياس هذا الطول ($\sqrt{2}$) كما هو بالفعل؟ لاشك أن الإجابة بالنفى. كذلك الحال بالنسبة لنقاط المكان وأنات الزمان. فالنقطة الفعلية التى نرسمها كمقابل للنقطة الرياضية المجردة، ليست بلا أبعاد، بل إن لها أبعاد يصعب تلاشيها بوسائل الرسم والقياس. وليس بمقدورنا تحديد "أن" زمانى ليقابل عدداً فى متسلسلة الأعداد الحقيقية، لأن تمييزنا الزمانى ليس مكتملاً، وعلى هذا فمن الصعب أن

ننسب إلى معرفتنا بالمكان أو الزمان أى نمط مرتب من متسلسلات الأعداد المتصلة^(٩٢).

من جهة أخرى لم تلق مسألة التطابق بين المتصلين الرياضى والحسى أى إهتمام من قبل التجريبيين، وهو أمر "متوقع إزاء إنكارهم لوجود الكليات، وتحويلهم على الخبرة الحسية كمصدر وحيد للمعرفة الإنسانية. فلقد أنكر "هيوم" مثلاً إمكانية وجود متصل رياضى يتألف من عدد لا متناه من العناصر، مستنداً فى ذلك إلى ضعف إمكانات العقل البشرى، فضلاً عن ظواهر الواقع المنفصلة أو المتجاورة تبعاً لتسجيلات الحواس (ف١٢٥). أما "وليم جيمس"، فعلى الرغم من إقراره بوجود متصل زمانى أو مكائى من الإحساسات، إلا أنه يرفض بشدة أن يكون هناك أى تطابق بينه وبين المتصل الرياضى، فهذا الأخير ماهو إلا تركيب مفاهيمى خالص، ينحل إلى عدد لا متناه من الأجزاء، أو من النقاط الجزئية المتفاضلة، على حين أن المتصل الحسى هو فى جوهره وحدة عضوية كاملة Organic unity، تُعبر عن تدفق الحياة Living flux أو عن إتصال الصيرورة Becoming ومن ثم فهو تكذيب مستمر لمبادئنا وقواعدنا المنطقية^(٩٣).

وكما أشرنا (ف١٤٥) فإن "جيمس" يقترب بهذا التمييز من دُعاة النزعة الحيوية المعاصرة بقيادة "برجسون" - والقياس مع الفارق بين المذهبين - حيث وصف "برجسون" عمليات الفهم العقلى والإدراك الحسى بأنها ذات طبيعة سينمائية، تقطّع المناظر الفورية من صيرورة الحركة

(92) Lucas : A treatise on Time and Space, OP-Cit, PP. 26-27.

(93) Cassirer, E. : Einstein's theory of relativity, OP-Cit, P-452.

المتدفقة، سعيًا لأغراض علمية أو عملية^(٩٤). وعلى هذا فليس هناك متصل حمسى كما ذهب إلى ذلك "جيمس" والتجريبيون، وليس هناك متصل عددي كما قال الرياضيون، وإنما هناك فقط متصل حيوى أو ميتافيزيقى، لا نصل إليه إلا بالحدس، شريطة أن نتخلى عن مناهج التحليل والتركيب الرياضية، وأن نشعر مباشرة بإرتعاشة الحياة فى مجراها^(٩٥).

١٥٤- ولعل أبرز تحليل للمتصل الرياضى وعلاقته بمتصل الاحساسات، هو ذلك الذى قدمه "رسل" فى كتابه "معرفتنا بالعالم الخارجى" (١٩١٤). حيث عقد فصلاً تحت عنوان "نظرية الاتصال"، حاول خلاله تذليل الصعوبات التى تعترض إمكان إطباق المتصل الرياضى على ما هو قائم من متصلات فى عالم الخبرة، كالزمان والمكان والحركة.

يبدأ "رسل" تحليله بمثال "برجسونى" شهير يجسد تلك الصعوبات، ويكشف فى الوقت ذاته عن زيفها؛ فلو أنك حركت ذراعك بسرعة من

(٩٤) برجسون: الطائى الخالق، ١٧١.

"يضرب" برجسون "مثالاً لذلك بحركة التطور الإنسانى من الطفولة إلى الشيخوخة، مروراً بمرحلة المراهقة والنضج. فهذه المراحل وفقاً للمنهج السينمائى هى ضروب للتوقف العقلى، أو هى مناظر يلتقطها العقل من الخارج. بينما هى فى حقيقتها أجزاء لا تتجزأ من التطور الحىوى، لا تقبل الضحك. ومن ثم فإننا قلنا أن "الطفل يصبح رجلاً"، يجب علينا ألا نفرط فى الصمغ فى المسمى الحرفى لهذا التعبير، لأن الحقيقة الواقعية- وهى الانتقال من الطفولة إلى سن النضج- تفرحاً من بين أصابعنا. ولو كانت اللغة تنصب بالفعل من قالب الواقع، لما قلنا أن "الطفل يصبح رجلاً"، بل قلنا أن "هناك صيرورة من الطفل إلى الرجل". أنظر برجسون: المرجع السابق، ص ٢٧٦- ٢٧٧.

(٩٥) أنتربى كريسون: "برجسون"، (منشورات عويدات، بيروت، باريس، ط ٣، ١٩٨٢) ص ٣٤.

اليسار إلى اليمين، فسوف يبدو لك أنك " ترى " الحركة بأكملها في الحال، لا كأجزاء من كل مركب كما في متسلسلة الأعداد المتصلة، وإنما كوحدة عضوية لا تنحل إلى أجزاء. لكذلك نعرف من جهة أخرى أن الحركة تبدأ في اليسار وتنتهي في اليمين. وأنها تمر خلال هذا الفاصل المتناهي بعدد لا متناهي من النقاط والآلات^(٩٦).

هذا المثال فيما يشير "رسل" ، يكشف عن نمطين مميزين من أنماط المعرفة، يؤدي الخلط بينهما إلى إثارة المشكلة، وهما : " المعرفة المباشرة " acquaintance و " المعرفة عن " knowledge about . الأولى هي تلك المعطاة مباشرة بالإحساس وهي لا تتضمن أي قدر، ولو كان بسيطاً، من "المعرفة عن"، بمعنى أنها لا تتضمن معرفة عن أي قضية بخصوص الموضوع الذي نعرف بها مباشرة. ومن ثم فمن الخطأ أن نقول أننا لو كنا على معرفة مباشرة تامة بأي موضوع، فإثنا يجب أن نعرف عنه كل شيء^(٩٧). إثننا في الواقع نعرف فقط جزء من الكل كما هو معزول عن طريق الانتباه، كهذه البقعة الجزئية من اللون، والأصوات الجزئية، وهكذا ... ، أي أننا نعرف ما يُسميه "رسل" بالمعطيات الحسية Sense-data^{(٩٨)*} .

(96) Russell : Our knowledge of the external world , OP . Cit , p. 145.

وقارن أيضاً برجسون : التطور الخلاق، ص ٢٢٦.

(97) Ibid, P-151.

(٩٨) د. محمد مهران : فلسفة برتراند رسل ، ص ٤٤ .

* ينتمي كتاب "معرفةنا بالعالم الخارجي" إلى مرحلة بعينها من مراحل التطور الفكري لرسل، وهي تلك المتعلقة من عام ١٩١٤ وحتى عام ١٩١٩، حيث كان يُسلم بالثانية السيكولوجية، أو بشائية الفعل اللغوي والموضوع الحسي، ولذا ينهي أن تفرق هنا مع "رسل" بين =

أما "المعرفة عن" فهي معرفة بالقضايا Propositions ، وهي ليست متضمنة بالضرورة في "المعرفة العيانية" بمكونات تلك القضايا، فلأن نعرف مثلاً أن درجتين من لونٍ ما مختلفان، فهي معرفة عنهما، ومن ثم فالمعرفة المباشرة بالدرجتين لاتستلزم بأية وسيلة المعرفة بأنهما مختلفتان^(٩٩). بعبارة أخرى، نستطيع القول بأن "المعرفة عن" هي معرفة فرضية، نستدل بموجبها من الإحساس على ما لايقع في الإحساس. وما لايقع في الإحساس هو ما يُسميه "رسل" بالمعطيات الحسية الممكنة Sensibilia ، التي هي أوسع في مدلولها من "المعطيات الحسية". فهذه الأخيرة هي بمعنى ما- جزء من الأولى. أى أن كل المعطيات الحسية هي معطيات حسية ممكنة، وكل ما هنالك أنها دخلت في علاقة المعرفة المباشرة فأصبحت مدركة عن طريق عقل ما. ولو صح ذلك لكان في وسعنا أن نعرف المعطيات الحسية بأنها ذلك الجزء من المعطيات الحسية الممكنة الذي أصبح موضوعاً لأعضاء الحس والأعصاب والمخ ، أى أصبح معروفاً معرفة مباشرة^(١٠٠).

"المعرفة المباشرة" أو "الإحساس" بوصفه فعلاً ذهنياً، وبين "المعطى الحسى" بوصفه موضوعاً للإحساس. فالأول "ذهنى" ، تلعب فيه الحالة الذاتية دوراً كبيراً، بينما الثانى فزيائى، يقف في مقابل الذات بوصفه الموضوع الخارجى الذى تعيه الذات في الإحساس. ومن المعروف أن "رسل" قد غطى عن هذا الرأى بداية من عام ١٩١٩ ، حيث إقترح بنظرية "الواحدية اشمالية" كما بدت عند "ماك" و "وليم جيمس".

أنظر : د. محمد مهران: المرجع السابق، ص ٤٤-٤٥.

(99) Russell, OP-Cit, P-151.

(١٠٠) د. محمد مهران : المرجع السابق، ص ٤٦.

ولكن ماذا يُقيد هذا التميز بين "المعرفة المباشرة" و " المعرفة عن " ،
أو بين " المعطيات الحسية " و " المعطيات الحسية الممكنة " ، فيما يتعلق
بمشكلة الاتصال؟.

يشير "رسل" إلى أنه يُقيد في الاستدلال على تحقيق الاتصال في العالم
المادى حتى ولو كنا لاندرك هذا الاتصال بالإحساس المباشر. ولتفصيل ذلك
يطرح "رسل" سؤالين هامين مترابطين، وهما :

١- هل يوجد فى أية واقعة تجريبية فعلية أى سبب كاف للإعتقاد باتصال
الظواهر فى العالم الخارجى ؟ (١٠١).

٢- هل الاستدلال من الحواس على تحقق الاتصال فى العالم الفيزيائى هو
استدلال صحيح؟ (١٠٢).

يجيب "رسل" عن السؤال الأول بالنفى، فعلى الرغم من أننا نستطيع
القول بأن فرض الاتصال متفق تماماً مع الوقائع ومع المنطق، وأنه أبسط
تقنياً من أى فرض آخر، إلا أن قدرتنا على التمييز بين المعطيات الحسية
المتقاربة جداً ليست لا متناهية الدقة (١٠٣). ولنفرض مثلاً أن سطحاً ملوناً
تتغير عليه الألوان تدريجياً، فأنه تدريجى فإن إختلاف اللون فى جزئين
متقاربين جداً، لن يكون موضوعاً مباشراً للإدراك الحسى، فى حين أن هذا
الإختلاف يمكن إدراكه جيداً، إذا ما كانت الأجزاء منفصلة أو متباعدة (١٠٤).
وهكذا فإن غياب الإدراك فى حالة الإختلافات الذهبدة يُمثل واقعة نفسى

(101) OP . Cit , p . 150 .

(102) Ibid , pp . 146 - 47 .

(103) Ibid , p . 145.

(104) Ibid, P. 147.

محضة، لأن التغير المحسوس لو كان متصلاً لن يكون مميزاً عما لو كان يحدث بقفزات صغيرة متناهية. ويتبع ذلك أننا لا يمكن أن نبرهن بأية بيئة تجريبية أن العالم المحسوس متصل، وليس مجموعة من عدد متناه من العناصر المتجاورة^(١٠٥).

لكن ذلك لا يمنعنا من التسليم بأن المعطيات الحسية لها أجزاء ليست معطيات حسية وأن هذه الأجزاء متصلة^(١٠٦). وهو ما ينقلنا إلى السؤال الثانى الذى يلقى جواباً إيجابياً من "رسل". حقاً أن الجسيمات ، والنقاط ، والآلات ، التى تحدثنا عنها الفيزياء ، ليست معطيات مباشرة بل ومن المحتمل ألا تكون أشياء موجودة بالفعل، إلا أن إفتراض وجودها أمر ضرورى للفيزياء ، فضلاً عن أنه يتفق مع الوقائع أكثر من أى فرض آخر. فلو تأملنا مثلاً جسماً متحركاً بسرعة كافية، بحيث تكون حركته مدركة بالحواس ، ثم لزدادت سرعته بحيث لا يستطيع الإحساس الواحد أن يحتويها، فسوف نرى بالطبع قدراً متناهياً من الحركة فى لحظة واحدة. لكن هذا القدر الذى نراه فى لحظة واحدة، يختلف عن ذلك الذى نراه فى لحظة أخرى. وهكذا ننتهى رغم كل شئ إلى متسلسلة من الروى للخاطفة للجسم المتحرك، وسوف تكون هذه المتسلسلة متصلة، مثل متسلسلة النقاط الفيزيائية الصورية، ومع أن حدود المتسلسلة تبدو فى الواقع مختلفة، إلا أن السمة الرياضية للمتسلسلة تظل ثابتة ، بل ومتطابقة مع متسلسلة الأعداد المتصلة^(١٠٧).

(105) Ibid, P-155.

(106) Ibid, P-156.

(107) Ibid, P-147.

ويخلص "رسل" من ذلك إلى أن المتصلين الرياضى والفيزيائى متطابقان ولا تعرف هذا التطبيق بالإحساس المباشر، بل بالاستدلال مما هو مُعطى فى الإحساس.

فالاتصال إذن فرض "ميتافيزيقي يتفق منطقياً ووقائع العالم الخارجى، ويشبع حاجات رجل الفيزياء، ومن ثم فهو مصادرة أساسية لأى بحث علمى. ١٥٥- وفيما نلاحظ فإن تحليل "رسل" هذا لا يختلف كثيراً عن تحليل "كانط" لنفس المشكلة، فلقد أكد "كانط" على تطابق المتصلين الرياضى والفيزيائى، مستنداً إلى مادعاه بـ "توقعات الإدراك الحسى" (١٠٨). (ف، ١٥٠)، تلك التى تستند بدورها إلى مبدأ فرعى، يضاف إلى قائمة المقولات الكاتطية، وموداه أنه "لا بد من أن يكون للشئ الواقعى - الذى هو موضوع الإحساس - درجة ما ، أو قدر ما من الشدة" (١٠٩). بمعنى أن كل معطى حسى ، سواء كان لوناً أو صوتاً أو غير ذلك ، يُخفى وراءه طائفة من المعطيات الحسية المتصلة ، التى يمكن توقعها انطلاقاً من المعطى الحسى الأول . يقول "كانط" شارحاً ذلك :

" من الممكن أن نتصور بين كل درجة معينة من درجات الضوء والظلام ، وكل درجة من درجات الحرارة والبرودة المطلقة ، وكل درجة من درجات الثقل والخفة المطلقة ، وكل درجة من درجات الملاء فى المكان ، والمكان الخالى على الإطلاق : درجات" أقل . وحتى بين الشعور واللاشعور (الظلام الميكولوجى) يمكن أن توجد درجات أضعف ... فلا يوجد ظلام سيكولوجى إلا ويمكن إعتباره حالة من حالات الشعور، بحيث تكون هناك

(108) Collingwood, R. J.: Essay on Metaphysics, OP-Cit, P-258.

(١٠٩) د. زكريا إبراهيم : كانط أو الفلسفة النقدية ص ٩٦.

حالة أخرى أشد منها وأقوى. وهذا يحدث في كل حالات الإحساس ، وهو السبب الذى يجعل الذهن قادراً على أن يسبق الإحساسات ويحدث الكيفية الخاصة بالتمثلات التجريبية (الظواهر) بواسطة هذا المبدأ : "إن كل التمثلات التجريبية (أى واقع الظواهر) لها درجات بغير إستثناء"^(١١٠).

من الواضح إذن أن "كانط" و "رسل" يحدثنا عن نفس الشيء، وإن اختلفت المسميات ما بين "معطيات حسية ممكنة" و "متوقعات للإدراك الحسى". أى أنهما يتفقان فى كون الاتصال فرضاً ميتافيزيقياً ، لا يمكن التحقق منه بالإدراك الحسى، لكنه مع ذلك يطابق وقائعنا الفيزيائية، ويجعل من قيام العلم أمراً ممكناً.

على أن "كانط" و "رسل" ، وإن كانا يؤكدان إنطباق المتصل الرياضى على ظواهر العالم الخارجى لا يفسران لنا علة هذا التطابق، أو بعبارة أخرى، هما يفسران لنا التطابق فى حدود الدور الإستمولوجى للإنسان أى باعتبار الإنسان طرفاً فعالاً يخلق المعنى على الشئ الجزئى المحسوس، لكنهما لا يفسران لنا التطابق بمعزل عن الإنسان ، أى سواء وجد الإنسان أو لم يوجد. وبذلك نعود إلى تساؤلنا الأساسى : إذا كانت الطبيعة تعمل وفقاً لقوانين رياضية ومعزل عن الإنسان، فأتى للكائنات الرياضية هذا التطابق مع الواقع المحسوس؟ دعنا نلتصم إذن بالإجابة لدى "أفلاطون" وفلاسفة النزعة العقلانية.

١٥٦- تعد نظرية "أفلاطون" عن المثل من أشهر المحاولات التى بذلت فى تاريخ الفلسفة لعلاج مشكلة العلاقة بين المعقولات والمدركات أو بين المعنى الكلى الواحد، والجزئيات المتكثرة فى عالم الفيزياء. ونظراً لصعوبة المشكلة،

(١١٠) كانط : مقدمة لكل ميتافيزيقا مقبلة ، فقرة (٢٤)، ص ١١٤.

نقد إقترح "أفلاطون" عبر محاوراته ثلاثة حلول تفسر إتطابق الواحد على الكثرة، وإن كانت جميعاً تفترض وجود قوة إلهية تقف وراء هذا التطابق. هذه الحلول هي^(١١١):-

١- أن الكثرة تشارك Participate على نحو ناقص فى الطبيعة التامة لفكرتها (أى لمثالها أو صورتها).

٢- أن الكثرة تحاكي Imitate الواحد .

٣- أن الكثرة هى مزيج Mixture من الحد Limit أى "الفكرة" واللامحدود Unlimited (أى المادة)، بمعنى كمون الصورة فى المادة. ورغم ما يبدو من إختلاف بين هذه الحلول الثلاثة، إلا أنها جميعاً تؤدي إلى نفس المعنى، أو هكذا كانت تبدو فى المحاورات المبكرة. والأصل فيها هو تصور "المفارقة" (ف. ١٤٠). فالقول بأن أى شئ (يشارك) فى صورة ما ، أو "يساهم" فيها ، لايعنى سوى "الملكية المشتركة". ولكن الفعل "يشارك" له دلالة مزدوجة : دلالة على فعل الإشتراك، ودلالة أخرى هى موضوع الإشتراك . وعلى سبيل المثال ، عندما يقال بأن "الوردة" تشارك فى "الحمرة"، فإن هذا يعنى وجود "حمرة" فى "الوردة" . ومن ثم تكون الحمرة "كامنة" فى "الوردة" . ولكن هذا القول يدل أيضاً على وجود "حمرة" أخرى غير "الحمرة" المشاركة فى "الوردة" ، ومن ثم فإنها تكون خارجها ، أو مفارقة لها^(١١٢).

من جهة أخرى، إذا قلت بأن الشئ "يحاكي" الصورة، فإن ما تعنيه هو القول بأن الصورة ليست فى الشئ، ولكنها خارجه . وإن كان قولك قد تضمن أيضاً القول بوجود شئ مشترك بين الشئ والصورة التى يحاكيها. فلا شئ

(111) Runes (ed) : dict- of philo., item:Platonism, P-253.

(١١٢) كولنجورد : فكرة الطبيعة ، ص ٧٢.

يحاكى شيئاً آخر إلا إذا كانت بينهما ناحية مشتركة. وهكذا فكما يتضمن معنى الكمون أو المشاركة القول بالمفارقة، كذلك تتضمن المفارقة أو المحاكاة القول بالكمون^(١١٣).

لكن "أفلاطون" استطاع في أعماله المتأخرة أن يتجاوز هذا التدخل، وإن يفرق بوضوح بين التصور المفارق للصورة والتصور الكامن لها، بحيث يحفظ للصورة طابعها الأزلي الإلهي. أما وسيلته في ذلك، فيمكن أن نوجزها فيما يلي:

الصورة سواء أكانت رياضية أو أخلاقية، إذا فُهمت على أكمل وجه ستبدو مفارقة وليست كامنة. فعندما نصف الصحن بالإستدارة، أو نصف أى فعل بالعدالة، لا نعنى إطلاقاً أن الصحن مستدير بصفة مطلقة - أو أن العقل عادل بصفة مطلقة، لأن الإستدارة المطلقة هي صورة مفارقة خالصة، يدركها صانع الخزف الذى يصنع الصحن، ويدركها أيضاً من ينظر إلى الصحن - حيث "يذكره" الصحن بالإستدارة في ذاتها. وفي كلتا الحالتين ثمة إرتباط بين الصحن، وبين الإستدارة الحقّة أو المطلقة، لكن هذا الإرتباط ليس كموناً بالمعنى المفهوم سابقاً، لأن الصورة الكامنة في الشئ الجزئى هي في الواقع مجرد صورة تقريبية للصورة الحقّة المفارقة، ومن ثم فإن شكل الصحن ليس مثلاً للإستدارة، بل للإستدارة على وجه التقريب^(١١٤).

وينفس المعنى نستطيع القول بأن المتصل الرياضى هو في ذاته صورة أزلية مفارقة، وأن المتصلات الفيزيائية الجزئية هي في الأصل مجرد تقريب له، أو إتجاه إليه. ولما كانت الصورة في ذاتها ثابتة، وليست مصدراً للتغير،

(١١٣) نفس المرجع، ص ٧٣.

(١١٤) نفس المرجع، ص ٨٣.

فلا بد إذن من وجود فاعل أو محرك، ليس جزءاً من العالم الفيزيائي ، يدفع بالأمياء إلى التمثل بصورها، ويلقى بتلك الصور في عقل الإنسان، دفعاً بالحياة إلى الأمام؛ إنه الله^(١١٥) .

١٥٧- أما فلاسفة النزعة العقلانية في العصر الحديث ، وعلى رأسهم "ديكار" و"سينوزا" و"لينتز" ، فقد إشتروا جميعاً في القول بوجود نوع من الوساطة الإلهية بين عالم المعقولات وعالم المدركات ، وهم في ذلك لا يبتعدون كثيراً عن الفكرة الأفلاطونية القديمة، وإن كانت هذه الفكرة قد تباينت لديهم بتباين العناصر الأساسية لمذاهبهم الفلسفية. فهذا "ديكار" مثلاً يذهب إلى أن الله قد خلق العالم وأبدع نظامه بكيفية تجعله قابلاً لأن تنطبق عليه أفكارنا العقلية ، التي مصدرها الحقائق الأبدية التابعة من العقل الإلهي نفسه. الشيء الذي يحل إلى فكرة أن البنى الرياضية تنطبق على التجربة لأنها من مصدر واحد هو الله^(١١٦).

أما "سينوزا" فنراه يحدثنا عما يمكن تسميته "بالتكنين الكوني". فإذا كانت المطابقة تامة بين معاني العقل والموجودات، فليس ذلك إلا تجسداً للمعنى الذي يمثل الطبيعة وأصلها وهو الجوهر الواحد واللامتناهي، والواقع بذاته في الوجود. أما الأشياء المحسوسة فهي "صفات" لهذا الجوهر، أو هي "حالات جزئية يتجلى فيها الجوهر الواحد"^(١١٧). ورغم حصول الجوهر اللامتناهي

(١١٥) أنظر أفلاطون: محاورة فيثون وفي كتاب بنامين جويت : محاورات أفلاطون: أو مقرون - اللطاع - أقريطون، ترجمة د. زكي نجيب محمود، مطبعة لجنة التأليف والنشر، القاهرة، ١٩٥٤، ص ٢٦٢-٢٦٣.

(١١٦) د. محمد عابدين الجابري : تطور الفكر الرياضي، ص ١١٧ و أيضاً ديكارت : مقال عن المنهج، ص ص ٢٣٠-٢٣١.

(١١٧) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة، ص ص ١١٠-١١١.

على ما لايتناهى من الصفات إلا أننا لاتعلم منها سوى إثنين، هما الإمتداد والفكر. فالأجسام هى أحوال للإمتداد، أو هى أجزاء من الإمتداد الحقيقى المعقول ، أما المعانى والبنى الرياضية فهى أحوال للفكر. وما ترتيب المعانى فى الفكر سوى صورة من ترتيب الأعيان فى الإمتداد، ومن ثم فالتطابق تام بين الكل وجزئياته، أو بين المعنى الرياضى ومقابلته الجزئية^(١١٨).

وأما "ليبنتر" فقد رد التطابق بين عالم الحقائق الأزلية وعالم الأشياء إلى ما أسماه بـ "الإتسجام الأزلى" *Pre-established harmony* ، الذى يترد بدوره إلى براعة الخالق الإلهى، وقدره الله اللامحدودة على تنظيم "الجواهر"، وحفظ التوازن والتوافق بين عوالمها المختلفة^(١١٩).

وربما كان هذا الفرض العقلانى، القائل بوجود حقيقة إلهية يركز عليها العالم، هو أبسط القروض على الإطلاق، بل لعله أكثرها إقتناعاً للعقل إذا ما تأمل هذا التوافق بين الفكر والواقع. حقاً أن معقولية العالم أو قابليته للفهم، تبدو أحياناً كما لو كانت لغزاً غامضاً، أو - بتعبير آينشتين - كما لو كانت أبعد الأشياء عن الفهم، إلا أن الشئ المؤكد هو أن هناك إقتناع فطرى يقف وراء كل بحث علمى، بأن العالم "معقول" يمكن فهمه. وهو إقتناع يخلقه إحساس عميق بوجود عقل أسمى، ساوى منذ الأزل بين طرفى الوجود: عالم الأفكار وعالم الأشياء - فى معادلة تامة، وأتاح للإنسان إستكشاف تلك المعادلة عبر مراحل تطوره الحضارى.

(١١٨) نفس المرجع، ص ص ١١٢-١١٣.

(119) Runes , OP-Cit, item : Pre-established harmony, P-264.

تكملة:

١٥٨- حسبنا في نهاية هذا الفصل أن نعيد بإيجاز تلخيص ما إحتواه من أفكار، ولا نزعِم بذلك أننا نضع حلولاً أو نتائج ، وإنما هي مجرد آراء، تحتمل القبول وتحتمل الرفض، لكن قبولها من شأنه أن يضع حلاً معقولاً لمشكلة من أصعب مشكلات العلم والفلسفة ، أعنى مشكلة الكائنات الرياضية المجردة. فإذا ما إعترض رافض أو مشكك بأننا ندور في رجي الميتافيزيقا، أمكننا أن نقول : ومتى كانت النظريات العلمية بعيدة عن الميتافيزيقا؟. أليست هي في جوهرها مجرد فروض وتأملات، وجدت -أو ما زالت تجد- تحقيقاً لها في عالم الخبرة.

لقد طرحنا في بداية هذا الفصل عدة تساؤلات، تدور حول ثلاثة أبعاد رئيسة لمشكلتنا، وهي على التوالي: وجود الكائنات الرياضية المجردة، ومنها بصفة خاصة تصور الاتصال والالتصاف. ثم كيفية معرفتنا بها أو وسيلة الكشف عنها، وأخيراً علاقتها بالجزئيات المتكثرة في عالم الخبرة. وكانت إجابتنا عن هذه التساؤلات كما يلي:

للكائنات الرياضية المجردة عالمها المفارق والمستقل عن عالمي العقل والفيزياء. ولنا في حاجة إلى وصف نوعية هذا العالم، قد يكون هو عالم المثل عند "أفلاطون" ، أو عالم الحقائق الأزلية عند "لينتز" ، أو عالم الروح الموضوعي عند "هيجل" ، أو العالم الثالث عند "بوير" . ولكن أيا كانت نوعية هذا العالم، فلا مناص لنا من أن نسلم بوجوده، وإلا فلنسال أنفسنا : لو لم تكن الطبيعة تعمل حتى إكتشفنا قوانينها؟ بل أفلا تعمل الطبيعة بقوانين لم نصل إليها بعد؟.

معنى ذلك أن الكائنات الرياضية موجودة ، سواء أدركناها أو لم ندركها، وأن دورنا إزاءها يتوقف عند حدود الكشف عنها، وهو ما ينقلنا إلى البعد الثاني لمشكلتنا، أعنى التساؤل: كيف نصل إلى الكشف الرياضى؟

هنا يدفعنا تاريخ الكشوف الرياضية والفيزيائية، فضلاً عن أبحاث الفسيولوجيا وعلم النفس فى عالمنا المعاصر، إلى القول بمنهج أساسى ، ألا وهو الحدس المباشر، وهو نهج يتفق وقولنا بوجود مستقل للكائنات الرياضية خارج العقل الإنسانى. لكن ذلك لا يمنعنا من القول بأدوار فرعية لمناهج أخرى، كالخبرة الحسية والإستدلال العقلى المنطقى. يتوقف دور الخبرة الحسية عند بحث النشاط العقلى بما تمجده الحواس، فضلاً عن مرحلة التحقق التجريبى للكشف الرياضى. أما الإستدلال العقلى المنطقى فقد يسبق الحدس أو يصاحبه أو يأتى لاحقاً عليه، لكن دوره يفوق الدور التسجيلى للحواس ، من حيث تقييم الرؤية الحسية وتعديلها، أو توسيع نتائجها . ومجمل القول فى ذلك ، أن الكشف الرياضى عملية معرفية متكاملة ، تتوزع أدوارها ما بين الحدس - كركيزة أساسية ، والخبرة والإستدلال - كفروع ضرورية.

أما البعد الثالث لمشكلتنا ، فقد نساعلنا من خلاله عن سر التطابق بين المعنى الكلى المجرد - كتصور الاتصال الرياضى، وبين الجزئيات المتكثرة فى عالم الخبرة - كالمتصلات الوالعية المحسوسة. ولا إجابة عن هذا التساؤل سوى القول بوجود إله قادر ومبدع ، يقف وراء هذا التطابق، سواء وُجدنا نحن أو لم نوجد. فإذا لم نخرج من هذا الفصل سوى بهذه الفكرة، فحسبنا بها وكفى.

خاتمة

و

نتائج

.... إذا كان سمة سؤال يفرض نفسه الآن، فلا بد وأنه التالي :

ما الذى خرجنا به من نتائج بعد هذه الرحلة فى دروب الفكر الفلسفى والفيزيائى والرياضى؟ . وهل وصلنا إلى إجابات قاطعة عما تثيره مشكلة الاتصال واللاتتامى من تساؤلات عامة وجزئية ؟؟ .

هنا ينبغى أن نؤكد ما ذكرناه فى البداية ، من أنه ليس ثمة نتيجة نهائية فى العلم، ولا إجابات قاطعة تنأى بنفسها عن صيرورة التعديل أو التأويل. فما أن يركن الإنسان إلى نظرية بعينها، معتدداً بصدقها وصوابها، حتى يفاجئه العلم بنظرية أخرى جديدة، تتسخ مبادئها أو توسع من مداها. ولا يختلف الحال كثيراً فى الفلسفة، فالمذاهب متعددة ، والآراء متنافرة، وكل كشف علمى، يجر وراءه كثرة من التساؤلات، تُفصح عن حدود هذا الكشف، وتُمهّد الطريق لكشف جديد، يحمل فى جعبته نذراً يسيراً مما تنتظره الفلسفة، وهكذا دواليك.

ولعل من الخطأ إزاء ذلك بناء نظرة فلسفية إنطلاقاً من نتائج مرحلية للعلم، فليس من شأن الفلسفة أن تكون تابعة للعلم، أو أن تكون خادمة له كما أراد لها انوضعيون، بحيث تقتصر وظيفتها على التحليل والتفسير، بل إن أولى مهام الفلسفة أن تقود العلم إلى مسالك جديدة، بما تثيره من مشكلات، وما تثيره من فروض، تعجز عن تحصيلها الحواس، وإن كانت تشهد بصدقها وضرورتها إذا ما وصلت معطياتها إلى العقل كى يقوم بربطها وتنظيمها.

تلك هى النتيجة النهائية الوحيدة عبر تاريخ العلم، وهى أنه ليس ثمة نتيجة نهائية على الإطلاق، وإتما هناك فروض ميتافيزيقية ينطلق منها العلم،

ويسعى إلى التحقق منها بما يتاح له من إمكانيات. ومن هذه الفروض : مبدأ الاتصال .

إن هذا المبدأ الذى نسلم من خلاله بأن كل تغيير فى الطبيعة لا يبد وأن يكون متصلًا، هو من طبيعة الفروض الفلسفية التى لم تلق حتى الآن قبولاً نهائياً تدعمه التجربة. ومع ذلك فهو أحد المبادئ الأساسية للعلم عبر مسيرته الطويلة : منذ أن وقف " نيوتن " حائراً أمام "ثنائية" التأثير عن بُعد " كمعطى حسى، و " إتصال الظواهر والتأثيرات " كمطلب عقلى، حتى أعلن " آينشتين " عن متصل الزمان - مكان الرباعى الأبعاد. ومنذ أن قال " أرسطو " بقابلية المتصل للإقسام إلى ما لا نهاية - بالقوة لا بالفعل، وحتى حدثنا "كانط " و"رسل" عن "متوقعات الإدراك الحسى" و " المعطيات الحسية الممكنة " .

حقاً أن نظرية الكم تقف الآن بالمرصاد لفرض الاتصال، إلا أنها لا تختلف من حيث المبدأ عن نظريات العلم السابقة، إذ تنطلق بدورها من فرض ميتافيزيقى لم يثبت تجريبياً بصفة قاطعة، هو فرض إتصال الظواهر فى المجال دون الذرى. إننا لا نرى بالفعل إلكترونات يقفز من مدار إلى آخر، أو نواة تقفز بمكوناتها، فما هى إلا كلمات ومسميات نفترض وجودها كمكملات للمعطيات الحسية، مما يدفعنا إلى القول - بلغة كانط - أن نظرية الكم، شأنها شأن كافة نظريات الفيزياء، تتوقع الإدراك الحسى. الاختلاف الوحيد، أنها تتوقعه إطلافاً من مبدأ مختلف.

وما دام هذا هو حال النظريات الكبرى فى الفيزياء: تنطلق أصلاً من فروض فلسفية معينة وتقوم على خدمتها، فمن الطبيعى أن نميل إلى قبول النظرية، ومن ثم الفرض الفلسفى الأكثر بساطة، والأكثر إتفاقاً مع الوقائع

ومع المنطق، والأكثر تحقياً لمطالب العقل بشأن السلوك المعرفي للإنسان.
وفي هذه الحالة، ترجح بلا شك كفة الاتصال.

فإذا ما وصلنا إلى هذه النتيجة العامة والأساسية، أمكننا صياغة ما
يرتبط بها من نتائج دون إتهام بالمصادرة على فرض فلسفي لم يقل العلم فيه
كلمته الأخيرة. ونُجمل أهم تلك النتائج في النقاط التالية :

أولاً: الاتصال فرضٌ ميتافيزيقي بصفة عامة. ومع ذلك يمكن أن ندرج تحته
ثلاثة تصورات أساسية لبنية المتصل، تختلف فيما بينها باختلاف المذاهب
الفلسفية، وقد يشترك في التصور الواحد من هم على اختلاف أيضاً في
التوجهات الأنطولوجية والإبستمولوجية. يقول التصور الأول بأن " المتصل "
كلٌّ واحدٌ لا يقبل القسمة، ويجمع هذا التصور بين " بارمنيدس " و " زينون "
في الفكر اليوناني القديم، و " برجسون " و " وليم جيمس " في الفكر
المعاصر.

بينما يذهب أنصار التصور الثاني، ومنهم " أرسطو " و " ديكارت"،
إلى أن " المتصل " تأليفٌ من أشياء متجانسة، ومن ثم فمن الممكن قسمته إلى
ما لا نهاية، دون أن تتوقف القسمة عند عناصر أو أجزاء لا تتجزأ. أما
التصور الثالث، فقد تبناه أنصار النزعة الذرية، وبه ينقسم " المتصل " إلى عدد
لا متناه من العناصر اللا منقسمة. وليس غريباً أن يتبنى العلم للتصور الثالث،
سعيًا إلى فهم العلم وتطوير ظواهره بما هو متاح من إمكانيات رياضية
وفيزيائية. ورغم سيادة هذا التصور وأحقيقته المنطقية المنطقية بالقبول، إلا
أن الجدل الفلسفي حول بنية المتصل ما زال قائماً حتى يومنا هذا، وإن كانت
له بالطبع آثاره الإيجابية في دفع مسيرة العلم الرياضي والفيزيائي .

ثانياً: عرف العرب والمسلمون مصطلح الاتصال كمصطلح فنى، وعنوا بدراسة ما يثيره من مشكلات علمية وفلسفية قبل أن ينتبه إليه مفكرو أوروبا بسنوات طويلة، وهو ما نجد واضحاً فى كتابات 'ابن سينا' و 'ابن رشد' وغيرهما. حقاً أنهم تأثروا فى ذلك بما تُرجم عن 'أرسطو' من مؤلفات، لا سيما كتابه فى 'الطبيعة'، إلا أن شروحيهم وتعليقاتهم تؤكد قدرة العقل العربى على الإضافة والتطوير، شريطة أن تتوافر له البيئة الثقافية الملائمة، بكل جوانبها السياسية والاقتصادية والاجتماعية.

ثالثاً: تُعد الأفكار الأساسية للفلسفة والعلم، فى صورتها الحديثة والمعاصرة، انعكاساً مباشراً لأفكار القدماء من فلاسفة اليونان، وإن اختلفت دوافع القول بها أو طرق تناولها. تشهد بذلك عدة مقارنات عقدناها فى ثنايا هذا البحث بين هذه وتلك : بين مقولة " بارمنيدس " بأن اللا موجود لا يمكن التفكير فيه " ، ومقولة " باركلى " بأن " اللا متعين مُمتنع التصور " . وبين تعريف " أناكساغوراس " للمادة بأنها " سلسلة متعاقبة من العناصر المترابطة والقابلة للانقسام إلى ما لا نهاية " ، وتعريف " آينشتين " لها بأنها سلسلة لا متناهية من الحوادث المتداخلة والمتعاقبة " ، . . . إلخ . مما يدفعنا إلى القول بأن إتصال الظواهر فى الطبيعة يُواكب تواصل لا ينقطع فى الأفكار الإنسانية. وتلك نتيجة لازمة عن ثبات المشكلات الأساسية فى الفلسفة والعلم، وتحديدها للعقل الإنسانى فى كل العصور بنفس القدر تقريباً.

وأخيراً: رغم اختلاف النزعة التجريبية المعلنة لنيوتن عن نزعة ليبنتز الميتافيزيقية، إلا أنهما إتفقا فى القول بتحقيق الإتصال فى الطبيعة وضرورة

العلاقة السببية. وكان إكتشافهما لحساب التفاضل والتكامل خطوة واسعة على طريق الفهم الرياضى والفيزيائى للبنية العددية للامتثالية للمتصل. وإذا كانت النظريات الفيزيائية فى العصر الحديث قد إصطبغت بصبغة نيوتونية واضحة، إلا أن آراء ليبنتز الميتافيزيقية وجدت مكاناً لها فى قلب العالم المعاصر، لا سيما قوله بذاتية اللا متميزات ونسبية الزمان والمكان.

خامساً: لعبت إنتقادات " باركلى " الفلسفية- ذات الطابع الدينى - للبنى الرياضية اللامدركة بالحواس - كالكميات اللامتناهية، دوراً قوياً فى الإنتقال بالرياضيات من مرحلة الوصف العينى للعالم، إلى مرحلة التجريد العقلى المطلق. وبذلك يُعد "باركلى" بنزعه الاسمية واللامادية، مهتماً لأزمة اليقين الرياضى التى كان مبدأ الاتصال محوراً أساسى .

سادساً: يمكن القول بأن علماء التحليل قد نجحوا إلى حد كبير فى تجاوز متناقضات الأعداد اللامتناهية ، التى وقفت- لقرون طويلة- حائلاً دون وضع تعريف عددى دقيق للاتصال. وقد تأكد هذا النجاح بعد إكتشاف " كانتور " لنظريته فى المجموعات، وكشفه للخواص غير المألوفة لتلك الأعداد . ومع ذلك لم تخل نظرية " كانتور " تماماً من مفارقات اللانتهامى ، مما ألقى عليها بظلال الشك كقاعدة يقينية للرياضيات بأكملها ، ومهد الطريق لصراع النزعات الثلاث : المنطقية والأكسيوماتيكية والحدسية ، بُغية الإستئثار بالأساس الرياضى الواضح واليقينى. ولا نستطيع الزعم بأن أى من النزعات الثلاث قد نجحت بمفردها فى حل أزمة الأسس، بل إن لكل منها دور لا يمكن إغفاله فى علاج هذه الأزمة : المنطق بما يتيحه من قوانين أساسية للفكر

وقواعد للإستدلال الصورى الصحيح، والأكسيوماتيك بما يتيح من بناءات صورية خالصة ومجردة، والحدس بما يتيح من قدرة على إنتقاء القضايا الأولية الواضحة بذاتها . اليقين الرياضى إذن متعدد الأبعاد، ولكن فى حدود العقل الخالص .

سابعاً: العالم مخلوق، له بداية، ومصيره إلى نهاية. تلك هى النتيجة الفيزيائية الأكرِب للقبول بمقتضى القانون الثانى للثرموديناميكاً، فضلاً عن نظرية آينشتين فى النسبية العامة. فلقد حدثا علماء الثرموديناميكاً عن " لا إرتدادية العمليات الحرارية " ، وعن " العلاقة اللاتماثلية لأتات المتصل الزماتى"، فإذا ما بلغت " الأنتروبيا " أقصى مقدار لها، فقد وصل الكون إلى حالة الإتزان الحرارى، أو بالأحرى إلى حالة الموت الحرارى، حيث النهاية المنتظرة. أما آينشتين فقد حدثنا عن متصل الزمان - مكان، الكرى المقلد، الأخذ فى التوسع بعد أن بدأ بانفجار عظيم ولما كانت البداية تفترض النهاية، فسوف يستمر التوسع حتى يبلغ الكون نهايته فى الإتسحاق العظيم. لا شك أن هناك فروض أخرى تقول بتذبذب الكون أو إستقراره، أو بدائرية المتصل الزماتى، لكن فرض البداية والنهاية هو أكرِب الفروض إلى الفطرة السليمة، وأكثرها أثباتاً مع الشواهد الفلكية الحاضرة.

ثامناً: القول بضرورة العلاقة السببية يفترض مسبقاً القول بتحقيق الاتصال بين حوادث الطبيعة، فلا معنى للزعم بالتسبب دون فهم لأليات التأثير السببى بين الأسباب ونتائجها، وإلا عُدنا أدرجنا إلى مقولة التأثير عن بعد ، بما تحويه من غموض يخل بالطابع التفسيرى للعلاقة السببية، ولايعنى ذلك أننا نضع العلاقة السببية موضع الشك، طالما ظل مبدأ الاتصال مثار مناقشة بين

العلماء والفلاسفة، بل يعنى فى الحقيقة دعم القول بالاتصال عن طريق إحدى نتائجه المؤكدة، أو شبه المؤكدة، وهى السببية. من جهة أخرى، لاستطيع الزعم بأن القانون السببى قد تراجع أمام سطوة القانون الإحصائى، وإن كثر استخدام الأخير فى العلم المعاصر، ذلك أن كليهما وجهان لعملة واحدة، تُعبر عن إتصال التسيب. كل ما فى الأمر أن القانون السببى فرض "عقلي محكم، يواجه الواقع بالآلات ومقاييس قاصرة، فيغدو قانوناً إحصائياً. فإذا كان لابد من التفرقة، فمن الأفضل إذن أن نفرق بين قوانين سببية ذات قدرة على التنبؤ التام، وقوانين سببية ذات قدرة على التنبؤ الدقيق، أو بين قوانين تنسم بحتمية مطلقة، وأخرى تنسم بحتمية معتدلة.

ثامناً: إذا كانت التصورات الرياضية حقائق تجريدية، تنسم بمطابقتها للصدق دون أن تخضع للتكذيب التجريبي، وإذا كانت الطبيعة تعمل منذ الأزل وفقاً لقوانين رياضية، سواء وُجد الإنسان أم لم يوجد، فمن المعقول إذن أن نعلم بوجود عالم مفارق للكائنات الرياضية، يستقل بذاته عن عالمي العقل والفيزياء. ولأحاجة بنا إلى التساؤل عن ماهية هذا العالم، فهو خارج عن نطاق الزمان والمكان، وإن كانت آثاره فى العالم الزمكاني تشهد دائماً بوجوده. ويتبع ذلك أننا نكتشف القضايا الرياضية ولا تولفها، ولا سبيل أماننا إلى الكشف الرياضى إلا بعملية معرفية متكاملة، يضطلع فيها "الحدس" -أو الرؤية الكلية المباشرة- بالدور الأكبر، مع أدوار فرعية لكل من الخبرة الحسية والاستدلال العقلي المنطقي.

عاشراً: أخيراً يفترض القول بتطابق المتصلين الرياضى والحسى، أو بتوافق التصورات الرياضية المجردة والواقع الفعلي، وجود عقل أسمى يقف وراء

هذا التطابق والتوافق، ويُتيح للإنسان إستكشاف معادلة الوجود، بشقيها المجرد والعيني، عبر مراحل تطوره الحضارى. ومعنى ذلك أن بحوثنا العلمية ليست فى حقيقتها سوى تعقب لإبداعية الخلق الإلهى، وإستكشاف لعظمته اللامتناهية فى الكون المتناهى من حولنا.

وعلى الله قصد السبيل والله أعلم

ثبت مصطلحات

A

abstraction	تجريد
acceleration	عجلة
accelerator	مُعجل (جهاز لزيادة سرعة للجسيمات المشحونة، ف ٩٨).
accident	عَرَض
acquaintance	معرفة مباشرة
action at a distance	تأثير عن بُعد
analogies of experience	تمثيلات التجربة (كانط)
analogy	تمثيل
analysis	تحليل
anisotropic	متباين الخواص
antimonies of infinity	نقائض اللانهاية
antimony	نقيضة
appearance	ظاهر
archetypes	النماذج الأولية
argument	حُجّة
arithmetic	حساب (علم الحساب)
arithmetization	تحصيب
a. of analysis	تحصيب التحليل
axiom	بديهية
axiomatic	أكسيوماتيك

B

becoming	صيرورة
being	كيان - كائن
belief	إعتقاد
bending	إحناء
big bang	الانفجار العظيم نظرية قال بها الفيزيائي الروسي - الأمريكي "جورج جاموف" لتفسر نشأة الكون. وذهب خلالها إلى أن الكون بدأ بانفجار عظيم لكرة نارية شديدة الحرارة من المادة والإشعاع. وبهذا الانفجار بدأ الكون مجدداً لم يتوقف قط-ف-١٠٤
big contraction	الانكماش العظيم فرض فيزيائي سموه أن القوة الجاذبة المتممة للمادة الكونية من شأنها إيقاف التمدد وإرتداده، بحيث يظل الكون إلى الأبد متذبذباً بين إنشجار وانكماش-ف-١٠٤.
big crush	الانسحاق العظيم فرض آخر مواده أن استمرار التمدد دون توقف، مع عدم كفاية المادة الكونية، من شأنه أن يؤدي إلى فناء الكون بالانسحاق العظيم كما بدأ بالانفجار العظيم- ف-١٠٤.
boundary	نطاق

C

calculus	الحساب التحليلي
c. of classes	حساب الفئات
infinitesimal c.	الحساب التحليلي للانتهائى الصغر

integral and differntial c.	حساب التفاضل والتكامل
c. of probabilities	حساب الإحتمالات
propositional c.	حساب القضايا
caloric	الميل الحرارى
category	مقولة
causal	سببى
c. connection	ترابط سببى
c. continuity	اتصال سببى
c. laws	قوانين سببية
c. mechanism	الميكانيكية السببية
c. necessity	ضرورة سببية
c. relation	علاقة سببية
c. series	متسلسلة سببية
causality	السببية
causation	التسبيب
cause	سبب
chain	سلسلة
chance	مصادفة
charge	شحنة
class	فئة
collection	مجموعة
combination	تأليف

common sense	الحس المشترك (الإدراك العام)
compact	ملتحم
c. series	متسلسلة ملتحمة
compactness	الالتحامية خاصية رياضية تعنى عدم وجود حدود متعاقبة فى أية متسلسلة تامة الترتيب وتطلق على متسلسلة الأعداد المنطقية (الكسور) التى تمثل أدنى رتبة من رتب الاتصال - فـ ٥٨.
complete	تام
concept	تصور
conceptualism	نزعة تصورية
concrete	عينى
condition	شرط
conditional reflex	انعكاس شرطى
congruence	تطابق
connection	ترابط
constant conjunction	إقتران ثابت
construction	تركيب
content	محتوى
Founded contents	المحتويات البينية (نظرية مينونج)
contiguity	تجاور إحدى الصور الثلاث للعلاقة السببية عند "هيوم" - السبق والتجاور والإقتران الثابت - وبه يُعرف هيوم "السبب" بأنه شئ يسبق شيئاً آخر ويجاوره - فـ ١٢٥.
contingency	إمكان

continuity	إتصال
causation c.	إتصال التسييب
continuum	المتصل
Power of c.	قوة المتصل
one-dimensional c.	متصل ذو بُعد واحد
contradictory	تناقض
convergent	متغير
coordinates	إحداثيات
numerical c.	إحداثيات عددية
correspondence	تناظر
one-one c.	تناظر واحد بواحد
one-many c.	تناظر واحد بكثير
many-one c.	تناظر كثير بواحد
counting	العدّ
curve	منحنى
cut	قطع

D

data	معطيات
sence-data	معطيات حسية
deduction	إستنباط

defination	تعريف
degree (s)	رتبة - رتب
dense	كثيف
determinism	الاحتمية
dichotomy	القسمه الثنائية (حُجّة زينون)
diffraction	حيود
direction	اتجاه
discontinuity	اللاتصال
distance	مسافة
distortion	تشويه
division	قسمه - انقسام
Doppler effect	تأثير دوبلر . التغير الحادث في تردد موجة ما بسبب الحركة النسبية بين مصدر الموجة والراصد، والإصطلاح منسوب إلى الفيزيائي النمساوي "كريستيان دوبلر" - ١٨٤٥.
duration	ديمومة - دوام

E

effect	نتيجة
electromagnetic	كهرومغناطيسية
empiricism	نزعة تجريبية
empty	فارغ
endless	لاتهاية له

energy	طاقة
entropy	أنتروبيا
إصطلاح متداول فى علم الديناميكا الحرارية، وقد إستعمله لأول مرة الفيزيائى الألماني "رودلف كلاوزيوس" كمقياس لمستوى الطاقة فى الكون - ف ٨٣.	
equation	معادلة
Schrödinger e.	معادلة شرودنجر
المعادلة الأساسية فى الميكانيكا الموجية. وهى تعبر عن الموجة المناظرة كحركة جسيم ما فى مجال قوة. والمصطلح منسوب لى الفيزيائى النمساوى "إروين شرودنجر" - ف ١١٢.	
wave e.	معادلة موجية
مسمى آخر لمعادلة شرودنجر	
equilibrium	إتزان
thermal e.	إتزان حرارى
equivalence	تكافؤ
eternal	أبدى - أزلى
e. recurrence	تكرار أبدى (نظرية نيتشة)
e. truths	حقائق أزلية
ether	أثير
event (s)	حادثة - حوادث
evidence	بينة
evolution	تطور
existence	وجود
experience	خبرة
experiment	تجربة
explanation	تفسير

F

fact (s)	واقعة - وقائع
fiction	وهم
field	مجال
unified f.	المجال الموحد (نظرية أينشتاين)
finite	متناه
flux	تدفق مصطلح استعمله "برجسون" لوصف التصل الزماني المتناهي المتدفق، وتمييزه عن التصل الرباضي للولف من عناصر ح-٩
fluxions	فروق
form	شكل - صورة
frequency	تردد
threshold f.	تردد المبدى
function	دالة
analytic f.	دالة تحليلية
continuous f.	دالة متصلة
truth f.	دالة الصدق
functional	دالى - وظيفى

G

gab (s)	فجوة - فجوات
Galileo transformations	تحويلات جاليليو
gas discharge	تفريغ غازي
geodesic	جوديسي
geometry	هندسة
absolute g.	هندسة مطلقة
analytic g.	هندسة تحليلية
elliptical g.	هندسة ناقصية
Euclidean g.	هندسة إقليدية
hyperbolic g.	هندسة زائدية
metrical g.	هندسة قياسية (مترية)
non-enclidean g.	هندسة لا إقليدية
projective g.	هندسة إسقاطية
g. of situation	هندسة الوضع
spherical g.	هندسة كروية
gravitation	جاذبية

H

habit	عادة
harmony	إتسجام
pre-established h.	إتسجام أزلئ (لئبئز)
heat death	موت حرارى
حالة الكون عندما تستفد كل أشكال الطاقة الموجودة به بتحويلها إلى حرارة متسقة التوزيع ومن ثم إستحالة تحويل الطاقة إلى مشغل ميكانيكى - ف٨٣.	
hereditary	ورائئ
higher entropy	أنتروبيا قصوى
إصطلاح مقابل لحالة الإتران الحرارى، حيث يتعادل التبادل الحرارى بين أجزاء الكون، وتصبح كل الأشياء عند درجة حرارة واحدة، وهو مايعنى أيضاً الموت الحرارى - ف٨٣.	
homogeneity	تجانس
homogeneous	متجانس
hypothesis	فرض

I

idea	فكرة
ideal	مثل أعلى
identity	ذاتية
immaterialism	لا مادية (مذهب باركلئ)
implication	لزوم
impression	إنطباع

impulse	دفع - إندفاع
indefinite	لا محدود
indestructible	لا ينفى وصف "بارمنيدس" للكون بأنه واحد وسرمدي وأزلي، لا يعزبه الفناء، ومن ثم فلازما والفراغ والحركة والتغير، مجرد أوهام تخدعنا بها الحواس - ف ١٥.
indeterminate	لا متعين ما قبل أنحاء مختلفة، ويصعب تحديد واحد منها. فالعدد اللاتعيين مثلاً هو ما عُرف على أنه عدد، ولكن لم يُعرف بالتحديد أى عدد هو - ف ٢.
indeterminism	اللاحتمية
individual	فرد
indivisibles	لا منقسمات عناصر الفصل الرياضي أو الفيزيائي بوصفها وحدات صلبة لا منقسمة ولا متناهية العدد كالقطرات والآلات والأعداد ... ف ١٧.
induction	استقراء
complete i.	استقراء تام
mathematical i.	استقراء رياضي
interia	تصور ذاتي
infinite	لا متناه
infinitely great	لا متناه في الكبر
infinitely small	لا متناه في الصغر
infinity	لاتناهي
instability	لا استقرار
instant	آن

integers	أعداد صحيحة
intensity	شدة
interference	تداخل
interval	فاصل
introspection	إستبطان
intuition	حدس
intuitionism	نزعة حدسية
invisible halo	هالة لامرئية
مجموعة من التأثيرات اللامرئية، الناجمة عن المادة والامتدة خلال المكان بين الأجسام المختلفة. ويرجع المصطلح إلى الفيزيائي الإنجليزي "ميشيل فاراداي"، وقد فتح به الطريق أمام "ماكسويل" ليضع نظريته في المجال الكهرومغناطيسي - ف ٨٩-٩٠.	
irreversibility	لا إرتدادية
isotropic	موحد الخواص

G

knowledge	معرفة
k. about	المعرفة عن (رمل)
A posteriori k.	معرفة بعديّة
Apriori k.	معرفة قبليّة (كانط)
scientific k.	معرفة علمية

L

law	قانون
length	طول - مدى
limit	حد
ideal l.	حد نموذجي
حد رياضي مفروض، تتجمع عنده الحدود اللامتناهية لتسلسلة الأعداد المنطقية، ويُعرف بالكم الأصم. ويرجع المصطلح إلى الرياضي الفرنسي "تشارلز مواري - ف	
line	خط
linearity	خطية
خاصية رياضية تعني ترابط العناصر المولدة للمتصل دون فجوات أو قفزات - ف٧٧، ١٣٤.	
logicism	نزعة منطقية
loose	مفكوك
lorentz transformations	تحويلات لورنتز

M

macrocosm	ماكروكوزم (العالم الأكبر)
magnitude	مقدار
meaning	معنى
measurement	قياس
mechanics	ميكانيكا
matrix m.	ميكانيكا المصفوفات

quantum m.	ميكانيكا الكم
wave m.	الميكانيكا الموجية
member	
metamathematics	
metaphenomenal	ميتافينومينولوجي
موضوعات ما وراء الظواهر التي تقطن عالماً مفارقاً وفقاً لنظرية "مينونج" في المحتويات المبينة - ف ١٤١.	
method	منهج
methodology	ميثودولوجيا (عالم مناهج البحث)
microcosm	ميكروكوزم (العالم الأصغر)
microstructure	بنية مجهرية
middle	وسط
m. term	الحد الأوسط
mixture	مزيج
moment	لحظة
momentum	كمية الحركة
monad	موناد
monism	واحدية
neutral m.	واحدية محايدة
metion	حركة
mover-immobile	محرك لا يتحرك

N

neighbourhood	جوار
next	تال
n. after	ما بعد
n. before	ما قبل
nominalism	نزعة اسمية
notion	مفهوم
number (s)	عدد - أعداد
cardinal n.	أعداد أصلية
complex n.	أعداد مركبة
finite n.	أعداد متناهية
hereditary n.	أعداد وراثية
imaginative n.	أعداد تخيلية
incommensurable n.	أعداد لاقياسية
inductive n.	أعداد إستقرائية
infinite n.	أعداد لامتناهية
irrational n.	أعداد صماء (لانطقية)
natural n.	أعداد طبيعية
negative n.	أعداد سالبة
non-inductive n.	أعداد لا إستقرائية
ordinal n.	أعداد ترتيبية

positive n.	أعداد موجبة
rational n.	أعداد منطقية
real n.	أعداد حقيقية
reflexive n.	أعداد منعكسة

O

object	موضوع
observation	ملاحظة
occult natures	الطباع الخفية (يكون)
opinion	رأى - ظن
opposite	مقابل
orbit	مدار
order	ترتيب
o. types	أنماط الترتيب
origin	أصل
oscillations	ذبذبات

P

pair separation	إنفصال زوجي
<p>علامة رياضية لوتيب النقاط على الدائرة، طورها الرياضي الإيطالي "جيوفاني فايلاتي" كبديل لعلاقة "قبل-بعد" المستخدمة في ترتيب النقاط على الخط المستقيم أو المنحنى المقوس. فإذا كانت أ، ب، ج، د أربع نقاط على دائرة ماء، أمكننا القول بأن الزوج (أ، ج) يفصل بين الزوج (ب، د) ... وهكذا - ف ٨٤.</p>	
parabola	قطع مكافئ
paradoxes	مفارقات
parameters	متغيرات
hidden p.	متغيرات مستترة
participation	مشاركة
<p>العلاقة بين التل والموجودات الحسية وفقاً لأفلاطون - ف ١٥٦.</p>	
particles	جسيمات
particular	جزئي
perception	إدراك حسي
anticipations of p.	توقعات الإدراك الحسي (كانط)
phenomena	ظاهرة
photoelectric effect	تأثير كهروضوئي
point	موضع
plurality	كثرة
point	نقطة
possibility	إمكانية

postulate	مصادرة - مسلمة
power	قوة
pragmatism	نزعة برجماتية
pralogical	قبل منطقي
precedency	سبق زمني
predicate	محمول
principle	مبدأ
probability	إحتمال
projectile	قذيفة

G

quality	كيف
quantity	كم

R

radiation	إشعاع
thermal r.	إشعاع حراري
rationalism	نزعة عقلانية
rays	أشعة
realism	نزعة واقعية

reality	واقع
realm	واقع
red shift	زحزحة حمراء
<p>سُمي أثر لتأثير دوبلر، وتعني إزاحة الخطوط الطيفية للمجرات البعيدة نحو الطرف الأحمر للطيف - حيث الضوء الأحمر تردده أقل من تردد الألوان الأخرى- مما يعني تراجع الفترات الناعية ولتصادها عن مجرتنا، وهذه هي البيئة المبدئية لآليات فرض التمدد الكوني - ف ١٠٤.</p>	
reflection	انعكاس
reflexiveness	انعكاسية
refraction	انكسار
relation	علاقة
asymmetrical r.	علاقة لا تماثلية
connection r.	علاقة ترابط
transitive r.	علاقة متعدية
relativity	نسبية
rest	سكون
r. energy	طاقة السكون
r. length	طول السكون
reversibility	إرتدادية

S

scalar	لا متجه
segment	قطعة
sensation	إحساس
sensibilia	معطيات حسية ممكنة (رسل)
series	متسلسلة
set	مجموعة
denumerable s.	مجموعة معدودة
empty s.	مجموعة فارغة
nondenumerable s.	مجموعة غير معدودة
null s.	مجموعة صفرية
subset	مجموعة فرعية
self-orderd s.	مجموعة محكمة للترتيب
similarity	تشابه
simultanenity	تأني
space	مكان
steady-state	حالة مستقرة
subject	ذات
submicroscopic	لا مجهري
substance	جوهـر

طبقة تحتية	sub-stratum
الطبقة الأساسية الممتدة والحاملة للمادة الكونية في متصل الزمان - مكان. وتمثل لها بسطح بالون من المطاط تتأثر عليه نقاط ملونه تمثل المادة؛ فإذا نُفخ البالون، تمدد السطح وتباعدت النقاط بطريقة متماثلة - ف ١٠٤.	
تتالى	succession
حاصل الجمع	sum
تراكب	superposition
قياس (منطقي)	syllogism
نظام	system

T

كمية ممتدة	tensor
مبرهّنات	theorems
ثرموديناميكا (الديناميكا الحرارية)	thermodynamics
زمان	time
تماثل لبرتداد الزمان	t. reversal symmetry
توبولوجيا	topology
سمة توبولوجية	topological feature
أصليات متصاعدة	transfinite cardinals
الأعداد الأصلية اللامتامة وفقاً لنظرية "كانتور" في المجموعات، وتبدأ بالعدد (أ)، وهو العدد الأصلي لمجموعة كل الأعداد الصحيحة الموجبة أو السالبة - ف ٦٦.	

transition point.	نقطة الانتقال
درسة الحرارة التي تنتقل عندها المادة من طور إلى آخر من أطوارها الثلاثة : الصلبة والسائلة والغازية - ف ١٣٤.	
type	نمط

U

unchanging	لا يتغير
uncreated	غير مخلوق
unended	لا منتهى
uniformity	إطراد
uniqueness	تفردية
unity	وحدة
organic u.	وحدة عضوية
universal	كلى
unlimited	لا محدود
unproved	لا مبرهن

V

vacuum	فراغ
variable	متغير

vector	متجه
velocity	سرعة
vital balance	رصيد حيوى (وايم جيمس)

W

wave	موجة
w. front	صدر الموجة
work	شغل
world - line	الخط - العالم
<p>تاريخ حياة أى جسم فى متصل الزمان - مكان وفقاً للرياضي الروسي "هرمان منكوفسكى". وكان من رايه أن القوانين الفيزيائية يمكن أن تمثل بالعلاقات القائمة بين خطوط - العالم الخاصة بالجسيمات</p> <p style="text-align: right;">- ف. ١٠٠.</p>	

الله

أولاً: المراجع باللغة العربية (مؤلفة ومترجمة)

- ١- آرثر إينجتون : الكون يزددل إتساعاً، ترجمة د. طلبة السيد عوض & عبدالحميد حمدي مرسى، مراجعة على مصطفى مشرفة، مكتبة النهضة المصرية، القاهرة، ١٩٥٦.
- ٢- أرسطو : الطبيعة، ترجمة إسحق بن حنين، تحقيق د. عبدالرحمن بدوي، ط١، الدار القومية للطباعة والنشر، القاهرة، ١٩٦٥.
- ٣- _____ : دعوة للفلسفة (بروتريتيقيوس)، كداه للعربية مع تعليقات وشروح د. عبدالغفار مكاوى، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٧.
- ٤- ألبرت آينشتاين : النسبية (النظرية الخاصة والعامة)، ترجمة د. رمسيس شحاتة، مراجعة د. محمد مرسى أحمد، دار نهضة مصر للطباعة والنشر، القاهرة، بدون تاريخ.
- ٥- _____ : أفكار وآراء (مجموعة مقالات مجمعة)، ترجمة د. رمسيس شحاتة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٦.
- ٦- ألفريد لير : المسائل الرئيسية فى الفلسفة، ترجمة د. محمود فهمى زيدان، المجلس الأعلى للثقافة، الهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية، القاهرة، ١٩٨٨.

- ٧- ألكسندرا غيتمانوفسكا : علم المنطق، دار التقدم، موسكو، ١٩٨٩، (الم يرد باسم المترجم).
- ٨- د. إمام عبدالفتاح إمام : المنهج الجدلي عند هيجل، ط٢، دار المعارف، القاهرة، ١٩٨٥.
- ٩- إيمانويل كانت : مقدمة لكل ميتافيزيقا مقبلة يمكن أن تصير علماً، ترجمة د. نازلي إسماعيل حسين، مراجعة د. عبدالرحمن بدوي، دار الكتاب العربي للطباعة والنشر، القاهرة، ١٩٦٨.
- ١٠- أندريه كريستون : برجسون، ترجمة نبيه صقر، ط٣، منشورات عويدات، بيروت، باريس، ١٩٨٢.
- ١١- أندريه لالاتند : العقل والمعايير، ترجمة د. نظمي لوقا، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٧٩.
- ١٢- أتلونسي ستور : العبقرية والتحليل النفسي ... فررويد ويونج ومفهوم الشخصية، في كتاب بنيلوبى مري : للعبقرية - تاريخ الفكرة، ترجمة محمد عبدالواحد محمد، مراجعة د. عبدالغفار مكاوى، سلسلة عالم المعرفة، المجلس الوطنى للثقافة والفنون والآداب، الكويت، العدد (٢٠٨)، أبريل ١٩٩٦.
- ١٣- إيبين نيكلسون : الزمان المتحول، في كتاب كولن ولسون & جون جرافت : فكرة الزمان عبر التاريخ، ترجمة فولاد كامل، مراجعة شوقي جلال، سلسلة عالم المعرفة، العدد (١٥٩)، مارس ١٩٩٢.

- ١٤- باتريش هوفمان : *قصة الكم المثيرة*، ترجمة د. أحمد مستجير،
المؤسسة المصرية العامة للتأليف والنشر،
القاهرة، بدون تاريخ.
- ١٥- بيرتراند راسل : *أصول الرياضيات*، ترجمة د. محمد مرسى
أحمد & د. أحمد فؤاد الأهواني، دار المعارف
بمصر، القاهرة، أربعة أجزاء (١٩٥٨-١٩٥٩-
١٩٦١-١٩٦٤).
- ١٦- _____ : *الف باء النسبية*، ترجمة فؤاد كامل، مراجعة
د. محمد مرسى أحمد، شركة مركز كتب الشرق
الأوسط ومكتبتها، القاهرة، ١٩٧٧.
- ١٧- _____ : *مقدمة للفلسفة الرياضية*، ترجمة د. محمد
مرسى أحمد، مراجعة د. أحمد فؤاد الأهواني،
مؤسسة سجل العرب، القاهرة، ١٩٨٠.
- ١٨- بنيامين جويت : *محاورات أفلاطون (أوطيفرون-النفاع-
ألخريطون-فيلودون)*، ترجمة د. زكى نجيب
محمود، مطبعة لجنة التأليف والترجمة والنشر،
القاهرة، ١٩٥٤.
- ١٩- بوشنسكى : *الفلسفة المعاصرة فى أوروبا*، ترجمة د. عزت
قرنى، سلسلة عالم المعرفة، الكويت،
العدد (١٦٥)، سبتمبر ١٩٩٢.

- ٢٠- بول ديفر: مقدمة الترجمة الإنجليزية لكتاب هايزنبرج: *الفيزياء والفلسفة*، ترجمة د. أحمد مستجير، المكتبة الأكاديمية، القاهرة، ط١، ١٩٩٣.
- ٢١- بول موى: *المنطق وفلسفة العلوم*، ترجمة د. فؤاد زكريا، دار نهضة مصر، القاهرة، ١٩٧٣.
- ٢٢- بيسون & أوكونر: *مقدمة في المنطق الرمزي*، ترجمة د. عبدالفتاح الديدي، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٧.
- ٢٣- د. توفيق الطويل: *في تراثنا العربي الإسلامي*، سلسلة عالم المعرفة، الكويت، العدد (٨٧)، مارس ١٩٨٥.
- ٢٤- توماس كسون: *بنية الثورات العلمية*، ترجمة شوقي جلال، سلسلة عالم المعرفة، الكويت، العدد (١٦٨)، ديسمبر ١٩٩٢.
- ٢٥- جورج جاموف: *بداية بلا نهاية*، ترجمة محمد زاهر، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٩٠.
(وللكتاب ترجمة أخرى قام بها إسماعيل حقي تحت عنوان: *واحد .. اثنين .. ثلاثة .. لا نهاية*، مراجعة وتقييم د. محمد مرسى أحمد، النهضة المصرية، القاهرة، ١٩٦٨).
- ٢٦- جورج سارتون: *تاريخ العلم*، تُرجم بإشراف د. إبراهيم بيومي مذكور وآخرون، الكتاب الأول، *العلم القديم في العصر الذهبي لليونان*، ج٣، القرن الرابع،

ترجمة عبد الحميد لطفى، دار المعارف، القاهرة،
ط٣، ١٩٧٨.

٢٧- جيمس جينز : *الفيزياء والفلسفة*، ترجمة د. كمال خلايلي،
سلسلة عالم المعرفة، الكويت، العدد (١٣٤)،
فبراير ١٩٨٩.

٢٨- روبرت أغروس & جورج سنالسيو : *العلم فى منظوره الجديد*، ترجمة
د. كمال خلايلي، سلسلة عالم المعرفة، الكويت،
العدد (١٣٤)، فبراير ١٩٨٩.

٢٩- روبن كولنجوود : *فكرة الطبيعة*، ترجمة د. أحمد حمدي محمود،
مراجعة د. توفيق الطويل، الهيئة العامة للكتاب
والأجهزة العلمية، القاهرة، ١٩٦٨.

٣٠- ريكس وونر : *فلاسفة الإغريق*، ترجمة عبد الحميد سليم، الهيئة
المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٥.

٣١- رينيه ديكارت : *مقال عن المنهج*، ترجمة محمود محمد
الخضيرى، مراجعة وتقديم د. محمد مصطفى
حلمى، ط٣، الهيئة المصرية العامة للكتاب،
القاهرة، ١٩٨٥.

٣٢- د. زكريا إبراهيم : *دراسات فى الفلسفة المعاصرة*، مكتبة مصر،
القاهرة، ط٢، ١٩٧٢.

٣٣- _____ : *كانط أو الفلسفة النقدية*، مكتبة مصر، القاهرة،
ط٢، ١٩٧٢.

- ٤٢- فرانكاين بلومر : *الفكر الأوروبي الحديث (الاتصال والتغير في الأفكار)*، ج٢، القرن الثامن عشر، ترجمة د. أحمد حمدي محمود، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٨.
- ٤٣- د. فراد ابوحطب : *الحس من الوجهة السيكلوجية*، مجلة الفكر المعاصر، المؤسسة المصرية العامة للتأليف والانتباء والنشر (الدار المصرية للتأليف والترجمة)، القاهرة، العدد (٧٩)، سبتمبر ١٩٧١.
- ٤٤- فيدل المسينا : *التحدى الأكبر*، ترجمة د. صلاح يحياوى، مجلة الثقافة العالمية، المجلس الوطنى للثقافة والفنون والآداب، الكويت، العدد (٣٠)، سبتمبر ١٩٨٦.
- ٤٥- فيرنر هاينز نيرج : *المشاكل الفلسفية للعلوم النووية*، ترجمة د. أحمد مستجير، مراجعة د. محمد عبدالمقصود النادى، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٧٢.
- ٤٦- _____ : *الجزء والكل (محاورات فى مضمار الفيزياء النظرية)*، ترجمة وتحقيق محمد أسعد عبد الرؤوف، تقديم د. على حلمى موسى، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة ١٩٨٦.
- ٤٧- _____ : *الفيزياء والفلسفة*، ترجمة د. أحمد مستجير، المكتبة الأكاديمية، القاهرة، ط١، ١٩٩٣.

- ٤٨- فوليب فرائيك : *فلسفة العلم (الصلة بين الفلسفة والعلم)*، ترجمة د. على على ناصف، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت، ١٩٨٣.
- ٤٩- قدرى حافظ طوقان : *العلوم عند العرب*، دار إقرأ، بيروت، ط٢، ١٩٨٣.
- ٥٠- د. كارل ساغان : *الكون*، ترجمة نافع أيوب ليس، مراجعة محمد كامل عارف، سلسلة عالم المعرفة، الكويت، العدد (١٧٨)، أكتوبر ١٩٩٣.
- ٥١- كولن ولسون : *الزمن نهياً للفوضى*، في كتاب كولن ولسون & جون جرانت، فكرة للزمان عبر التاريخ.
- ٥٢- لاندواو وآخرون : *الفيزياء العامة (الميكانيكا والفيزياء الجزيئية)*، ترجمة د. أحمد صادق القرمانى، دار مير للطباعة والنشر، موسكو، ١٩٧٥.
- ٥٣- د. ماهر عبدالقادر محمد: *مناهج ومشكلات العلوم، الإستقراء والعلوم الطبيعية*، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ط٢، ١٩٨٢.
- ٥٤- _____ : *فلسفة العلوم الطبيعية*، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٩٠.
- ٥٥- _____ : *فلسفة العلوم، المنطق الإستقرائى*، ج١، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٩١.
- ٥٦- د. محمد ثابت الفندى : *مع الفيلسوف*، دار نهضة العربية للنشر والتوزيع، بيروت، ١٩٨٠.

٥٧- _____ : أصول المنطق الرياضي، دار المعرفة

الاجمعية، الإسكندرية، ١٩٨٧.

٥٨- _____ : فلسفة الرياضة، دار المعرفة الجامعية،

الإسكندرية، ١٩٩٠.

٥٩- د. محمد عابد الجابري: مدخل إلى فلسفة العلوم، الجزء الأول: تطور

الفكر الرياضي والعقلانية المعاصرة"، ط٢، دار

الطليعة للطباعة والنشر، بيروت، ١٩٨٢.

٦٠- د. محمد عامر : "تجهيز اليقين"، مجلة عالم الفكر، وزارة

الإعلام، الكويت، المجلد العشرون، العدد الرابع،

١٩٩٠.

٦١- د. محمد عبد اللطيف مطلب: الفلسفة والفيزياء، دار الشؤون الثقافية

والنشر، بغداد، ١٩٨٥.

٦٢- د. محمد علي العمر : مسيرة الفيزياء على الحبل المشدود بين

النظرية والتجربة، مجلة عالم الفكر، المجلد

العشرون، العدد الأول، الكويت، ١٩٨٩.

٦٣- د. محمد محمد قاسم : كارل بوبر (نظرية المعرفة في ضوء المنهج

العلمي)، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية،

١٩٨٦.

٦٤- _____ : جوتلوب فريجه (نظرية الأعداد بين

الإستمولوجيا والأنطولوجيا)، دار المعرفة

الجامعية، الإسكندرية، ١٩٩١.

- ٦٥- _____ : نظريات المنطق الرمزي (بحث في الحساب التحليلي والمصطلح)، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية ١٩٩١.
- ٦٦- _____ : برتراند رسل (الإستقراء ومصادر البحث العلمي)، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٩٦.
- ٦٧- _____ : المدخل إلى فلسفة العلوم، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٩٦.
- ٦٨- د. محمد مصطفى حلمي: مقدمة الترجمة العربية لكتاب نيكارت : مقال عن المنهج.
- ٦٩- د. محمد مهران : فلسفة برتراند رسل، دار المعارف، القاهرة، ط٣، ١٩٨٦.
- ٧٠- محمود أمين العالم: فلسفة المصادقة، دار المعارف بمصر، القاهرة، ١٩٧٠.
- ٧١- د. محمود رجب : الميتافيزيقا عند الفلاسفة المعاصرين، دار المعارف، القاهرة، ط٣، ١٩٨٧.
- ٧٢- د. محمود فهمي زيدان: لزمة اليقين في الرياضيات والمنطق، مجلة الفكر المعاصر، العدد (٧٩)، القاهرة، سبتمبر ١٩٧١.
- ٧٣- _____ : مناهج البحث الفلسفي، الهيئة المصرية العامة للكتاب، منطقة الإسكندرية، ١٩٧٧.

- ٧٤- _____ : الإستقراء والمنهج العلمى، مؤسسة شباب الجامعة، ط٤، الإسكندرية، ١٩٨٠.
- ٧٥- _____ : من نظريات العلم المعاصر إلى المواقف الفلسفية، دار النهضة العربية، بيروت، ١٩٨٢.
- ٧٦- _____ : مناهج البحث فى العلوم الطبيعية المعاصرة، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٩٠.
- ٧٧- د. مصطفى النشار : نظرية المعرفة الأرسطية (دراسة فى منطق المعرفة العلمية عند أرسطو)، دار المعارف، القاهرة، ١٩٨٦.
- ٧٨- موريس دوكوين : المادة وضد المادة، ترجمة د. رمسيس شحاتة، دار المعارف بمصر، القاهرة، ١٩٦٨.
- ٧٩- ميتشيل ويسلون : الطاقة، ترجمة مكرم عطية، مراجعة نزيه الحكيم، دار الترجمة والنشر لشتون البترول، بيروت، ١٩٧١.
- ٨٠- نورييرت فينر : السببوتنكا، ترجمة د. رمسيس شحاتة & د. إسحق إبراهيم حنا، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٧٢.
- ٨١- هانز ريشنباخ : نشأة الفلسفة العلمية، ترجمة د. فؤاد زكريا، دار الكتاب العربى، القاهرة، ١٩٦٨.
- ٨٢- هنرى برجسون : التطور الخالق، ترجمة د. محمود قاسم، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٤.

- ٨٣- ديمنى طريف الخولى: العلم والإعتراب والحرية (مقال فى فلسفة العلم من الحتمية إلى الاحتمية)، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٧.
- ٨٤- يوسف كـرم : تاريخ الفلسفة اليونانية، ط٥، لجنة التأليف والترجمة والنشر، القاهرة، ١٩٦٦.
- ٨٥- _____ : تاريخ الفلسفة الأوروبية فى العصر الوسيط، دار القلم، بيروت، بدون تاريخ.
- ٨٦- _____ : تاريخ الفلسفة الحديثة، ط٦، دار المعارف، القاهرة، ١٩٧٩.

ثانياً: المعاجم العربية :

- ١- **ليسن منظور : لسان العرب، دار الكتاب المصري & دار المعارف، القاهرة، المجلد السادس، بدون تاريخ.**
- ٢- **أبى الحسين الحسينى الجرجاني: التعريفات، شركة مكتبة وطبعة مصطفى البابى الحلبي ولولاده بمصر، القاهرة، ١٩٣٨.**
- ٣- **جوسيل صليبا : المعجم الفلسفي، دار الكتاب اللبناني، بيروت، ١٩٧٣.**
- ٤- **د. عبد المنعم الحفنى: الموسوعة الفلسفية ، دار ابن خلدون & مكتبة مدبولي، بيروت، القاهرة، ط١، بدون تاريخ.**
- ٥- **مجمع اللغة العربية : المعجم الوسيط ، تصدر د. إبراهيم بيومي مذكور، دار المعارف، القاهرة، ط٢، ١٩٧٢.**
- ٦- _____ : **المعجم الفلسفي، تصدر د. إبراهيم بيومي مذكورن الهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية، القاهرة، ١٩٨٣.**
- ٧- _____ : **معجم الفيزيقا الحديثة، تصدر د. إبراهيم بيومي مذكور، الهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية، القاهرة، ج١، ١٩٨٣، ج٢، ١٩٨٦.**
- ٨- _____ : **المعجم الوجيز، تصدر د. إبراهيم بيومي مذكور، طبعة خاصة بوزارة التربية والتعليم المصرية، القاهرة، ١٩٩٠.**

٩- محمد بن أبي بكر الرازي: مختار الصحاح، عن يترتبه محمود خاطر،
دار الحديث، القاهرة، بدون تاريخ.

ثالثاً: المراجع باللغة الأجنبية :

1. Ackrill, J. L., "*Aristotle, the philosopher* ", Oxford University Press, London, 1981.
2. Ayer, A. J., "*Philosophy in the twentieth century* ", Unwin paper backs, with Port Nicholson Press, London, 1984.
3. Blumenthal, L. M., "*A modern view of geometry* ", Free man, San Francisco, 1961.
4. Bohn, D., "*The special theory of relativity* " W. A. Benjamin, N. Y, 1965.
5. Boltzmann, L., "*Lectures on Gas theory* ", Trans., by S. G. Bruch, University of California Press, Berkeley, 1964.
6. Born, M., "*Natural philosophy of cause and chance* ", Dover publications, Inc. N. Y, 1964.
7. Broad, C. D., "*Ethics and the history of philosophy* ", Routledge and Kegan Paul, London, 1952.
8. Bunge, Mario, "*Causality and modern science* ", third revised ed., Dover publications, Inc. N. Y, 1979.
9. Campbell, N., "*What is science* ", Dover publications, N. Y, 1953.
10. Carr, Brian, "*Metaphysics* ", An introduction, Macmillan education LTD, London, 1987.
11. Cassirer, Ernst, "*The problem of knowledge* ", Trans by W. H. Woglom & W. Hendel, Yale University Press, New Haven, 1950.

12. _____ , "Substance and Function " & "Einstein's theory of relativity", Both Books bound as one, Dover publications, Inc. N. Y, 1953.
13. Collingwood, R. G., "An Essay on Metaphysics", A Gateway ed., Henry Regnery Co., Chicago, 1972.
14. Crease, R. P. & Mann, C. C., "The second creation", *Makers of the revolution in twentieth century physics*, Macmillan publishing Co., N. Y, 1986.
15. Danto, A., "Nietzsche as philosopher " Macmillan publishing Co., N. Y, 1965.
16. Davies, Paul, "Super force", *The search for a ground unified theory of nature*, Simon & Schuster, Inc. N. Y, 1985.
17. Dubrovsky, David, "The problem of the ideal", Trans. from the Russian by Vladimir Stankevish, Progress publishers, Moscow, 1983.
18. Eddington, A. S., "The nature of the physical world", J. M. Dent & Sons limited, London, 1928.
19. Fraenkel, A. A., "Set theory", in *Encyc. of philosophy*, Vol(7), PP. 420-427.
20. Graves, J. C., "The conceptual foundations of contemporary relativity theory", Cambridge University Press, Mass, 1971.
21. Hume, D., "Treatise of Human natural", (1739), Oxford University Press, London, 1967.

22. Huntington, E. V., "*The continuum* ", Dover publications, N. Y, 1955.
23. Infeld, L., "*Albert Einstein : His work and its influence on our world* ", Scribner's, N. Y, 1950.
24. Jacob, F., "*The possible and the actual* ", University of Washington Press, Seattle and London, 1982.
25. Jastrow, R., "*God and the Astronomers* ", Norton, N. Y, 1978.
26. Kneale, W., "*Probability and induction* ", Oxford University Press, London, 1949.
27. Korner, S., "*Continuity* ", in *Encyc. of philosophy*, Vol(2), PP. 205-207.
28. Lucas, J. R., "*A Treatise on Time and Space* ", Methuen & Co. LTD, London, 1973.
29. _____, "*Space , Time, and Causality* ", The Clarendon Press, Oxford, 1984.
30. Marcuse, H., "*Reason and revolution* ", *Hegel and the rise of social theory*, Humanities Press, Atlantic Highlands, N. J, 1983.
31. _____, "*Negations* ", *Essays in critical theory*, Trans from the German by jeremy j. Shapiro, Free association books, London, 1988.
32. McCall, Storrs, "*A model of the universe* ", Clarendon Press, Oxford, 1994.
33. Meserve, B. E., "*Fundamental concepts of geometry* ", Reading Press, Mass, 1955.

34. Morris, R., "*Dismantling the universe*", *The nature of scientific discovery*, Simon & Schuster Inc. N. Y, 1983.
35. Negel, Ernest, "*Teleology revisited and other essays in the philosophy and history of science*", Columbia University Press, N. Y, 1979.
36. Parson, C., "*Foundations of Mathematics*", in *Encyc. of philosophy*, Vol(5), PP. 188-213.
37. Plank, M., "*The philosophy of physics*", Trans. by W. H. Johnson, George Allen & Unwin LTD., London, 1936.
38. Purcell, E. M., "*Electricity and Magnetism*", Physics course 2, Berkeley, N. Y, 1965.
39. Raymond, M. S., "*Continuum Problem*", in *Encyc. of philo.* Vol(2), PP. 207-212.
40. Robert, B. L. & Matthew Sands (ed), "*Feynman Lectures*", Addison-wesley, Mass, 1963.
41. Robert, J. A., "*Data, instruments, and theory*", *A dialectical approach to understanding science*, Princeton University Press, N. J, 1985.
42. Russell, B., "*A critical exposition of the philosophy of leibniz*", George Allen & Unwin, London, 1937.
43. _____, "*My philosophy development*", George Allen & Unwin, London, 1959.
44. _____, "*Logic and knowledge*", *Essays 1901-1950*, ed, by R. C. Marsh, Unwin Hyman Limited, London, 1988.

45. _____, "*Our knowledge of the external world*",
Routledge Inc. London and N. Y,
1993.
46. Schlegel, R., "*The problem of infinite matter in steady-
state cosmology*", in philo. of science
journal, St Catherine Press, Belgium,
Vol(32), Nr. (1), January, 1965, PP.
21-31.
47. Schrodinger, E., "*Science and hamanism* ", Cambridge
University Press, Mass, 1951.
48. Smart, J. C., "*Between science and philosophy*, Randon
House, N. Y, 1968.
49. Van Frassen, "*An introduction to the philo. of Time and
Space* ", Columbia University Press,
N. Y, 1985.
50. Vlastos, Gregory, "*Zeno of Elea* ", in Encyc. of
philosophy, Vol(8), PP. 369-379.

رابعاً: المعاجم الأجنبية :

1. Academician G. S. Landsberg (ed), "*Text book of elementary physics*", Trans. from Russian by A. Troitsky, Mirr pub., Moscow, 1972.
2. Britannica, "*the new encyclopedia Britannica* ", Micropedia, London, 1986.
3. Edwards, P., (editor-in-Chief), "*The encyclopedia of philosophy*", Macmillan publishing Co., Inc. the Free Press, N. Y, 1967, Reprint ed. ,1972.
4. Runes (ed), "*Dictionary of philosophy* ", A Helix book, published by Rowman & Allanheld publishers, Totowa, N. J, 1984.
5. Webster's third, "*New international dictionary of the English language*", Unabridged, by Marrian Webster, Inc. N. Y, 1981.
6. *Webster's encyclopedia unabridged dictionary of the English language*, portland house, N. Y, 1983.

الرقم الدولي: ٩٨/١١٨٩١

I.S.B.N

977-03-0508-8

مطبعة نور الاسلام

المنصورة الجديدة

الاسكندرية

Bibliotheca Alexandrina



0247148

119./2.